DIE NATURWISSENSCHAFTEN

16. Jahrgang | 17. Februar 1928 | Heft 7

Die Arbeitshypothesen der experimentellen Chemotherapie.

Von R. SCHNITZER, Berlin.

(Aus dem Institut für Infektionskrankheiten „Robert Koch".)

Vor wenigen Jahren hat an dieser Stelle MORGENROTH die Entwicklung der chemotherapeutischen Forschung seit EHRLICH geschildert. Er hat ungeachtet der großen experimentellen und praktischen Fortschritte, die diese Wissensrichtung in dem letzten Jahrzehnt gezeitigt hatte, die Problematik der relativ jungen Wissenschaft aufgezeigt. Obgleich weit entfernt von jedem resignierenden Standpunkt, hat er die Anschauung vertreten, daß bei unserem höchst unvollkommenen Wissen über die Natur des chemotherapeutischen Heilungsvorganges als solchem und bei dem Fehlen jedes allgemeingültigen chemischen Einteilungsprinzips oder gesetzmäßiger Beziehungen zwischen Konstitution und Wirkung über den Rahmen eng umgrenzter Gruppen von Verbindungen hinaus, dasjenige Prinzip als Arbeitshypothese das fruchtbarste ist, das in EHRLICHS *Theorie der Chemorezeptoren* enthalten ist. Er war sich dabei wohl bewußt, daß diese Theorie nicht imstande ist, eine vollkommene Aufklärung über die chemotherapeutische Heilung zu vermitteln. Sie ist aber fähig, ordnend die Mannigfaltigkeit der Erscheinungen zu umfassen und bietet vor allem eine experimentell wohl fundierte Basis, auf der durch systematische Analyse der chemischen und biologischen Phänomene die Weiterarbeit gefördert werden kann.

Bekanntlich ist der Grundzug der EHRLICHschen Theorie die Annahme einer *direkten* Einwirkung der chemotherapeutischen Agenzien auf die Parasiten *im Sinne chemischer Bindung*. Die Versuche mit spezifisch arzneifesten Parasiten (Trypanosomen) führten zu der Annahme *spezifisch differenzierter Angriffspunkte* (Chemoreceptoren) für die wirksamen Agenzien.

Auch KOLLE hat in einem ausgezeichneten und in das Gefüge der theoretischen Vorstellungen tief eingreifenden Aufsatz, in welchem er zu den Erscheinungen der Arzneifestigkeit speziell durch „Bayer 205" Stellung nimmt, sich zu der Chemoreceptorentheorie bekannt, als einer „Grundlage und heuristisch wertvollen Theorie der Dynamik der Chemotherapeutica". Er betont mit Recht, daß „erklärende und ergänzende Theorien namentlich physikalisch-chemischer Natur" der EHRLICHschen Vorstellung zwanglos angegliedert werden können, daß diese aber allein den Wirkungsmechanismus unter Umgehung der Annahme spezifischer chemischer Affinitäten nicht zu deuten vermögen. Wohl kann der physikalische Zustand der Agenzien, ihre Oberflächenaktivität, ihr Durchdringungs- und Haftvermögen den Bindungsvorgang und damit die Wirksamkeit entscheidend beeinflussen, die Tatsache der strengen Spezifität ist aber physikalisch-chemisch ebensowenig faßbar wie durch den „Begriff des Reizes", der gleichfalls nur als unterstützende Vorstellung herangezogen werden kann.

Von den relativ wenigen Arbeiten, die sich mit den Grundlagen der Chemotherapie befassen, verdient diejenige von ROEHL genannt zu werden. Er hat an einer großen Zahl experimenteller Beispiele dargelegt, daß bisher noch alle Erscheinungen, welche die Versuche in vivo und in vitro offenbaren, durch eine direkte parasitotoxische Wirkung auf die Parasiten zu erklären sind; so hat er z. B. für „Bayer 205" die bindenden Gruppen des Protoplasmas in den basischen Eiweißstoffen gefunden und dem Vorgang der Bindung (corpora agunt in fixando) einen entscheidenden Wert für die Heilung zugeschrieben[1].

Es mag vielleicht verwunderlich erscheinen, daß von berufenster Seite die direkte Wirksamkeit der Chemotherapeutica auf die Parasiten unter Aufgebot des großen experimentellen Materials immer wieder betont wird. Dies ist aber dadurch leicht zu erklären, daß dieses fundamentale Prinzip vielfach angezweifelt und bestritten wird zugunsten der Vorstellung einer indirekten Wirksamkeit. Die indirekte Wirkung der chemotherapeutischen Agenzien besagt, daß diese nicht als solche bzw. als parasitocide Umwandlungsprodukte des Organismus mit dem Parasiten bzw. bestimmten chemischen Gruppierungen seines Protoplasmas eine Verbindung eingehen, sondern daß der therapeutische Effekt von körpereigenen Abwehrstoffen ausgeübt wird, die unter der Reizwirkung des Chemikale im infizierten Makroorganismus gebildet werden. Das chemische Agens spielt also nur eine untergeordnete Rolle von wenig spezifischem Charakter, ist aber doch zur Erzielung der Heilwirkung unerläßlich. FELDT bezeichnet die Wirkung, wie er sie besonders an Goldverbindungen fand, als eine *„katalytische"*.

Die Beweisgründe, auf die sich die Theorie von der indirekten Wirkung stützt, sind vorwiegend negativer Art und stellen zwei Tatsachen in den Vordergrund: daß 1. manche im Tier wirksamen Agenzien eine Wirkung bei direktem Zusammenbringen in vitro vermissen lassen, 2. die Wirkung in verschiedenen Tierarten verschieden ist.

Diese beiden Gründe reichen natürlich als Beweis gegen eine direkte Wirkung nicht aus. Das Ausbleiben parasitocider Effekte im Reagensglase bei in vivo zum Teil sogar hochwirksamen Verbindungen hat sich durch geeignete Modifizierung der Versuchsanordnung (nicht lediglich Beobachtung der Motilität, sondern auch der Infektiosität der Parasiten) aufklären lassen (Bayer 205). Es wird ferner durch die Erkenntnis verständlich gemacht,

[1] ROEHLS Annahme, daß die für die Wirkung wesentlichen chemischen Gruppen des „205" die Sulfosäuregruppen seien, können wir uns ebensowenig wie KOLLE und BAUER (Klin. Wochenschr. 1926, Nr. 39) anschließen.

daß die Bildung der im Organismus entstehenden wirksamen Oxydations- oder Reduktionsstufen in vitro nicht oder nur unvollkommen stattfindet (Arsenobenzole).

Es ist übrigens nicht uninteressant, zu lesen, daß EHRLICH und SHIGA in ihrer ersten, 1904 erschienenen, Arbeit über den Benzidinazofarbstoff *Trypanrot* auf die Divergenz zwischen Reagensglas- und Tierversuch aufmerksam machen und die Frage diskutieren, ob der Farbstoff nicht etwa nur durch Anregung von Immunvorgängen wirke. Diese Zeilen lesen sich, als wären sie von einem modernen Anhänger der indirekten Wirkung geschrieben. Die weiteren experimentellen Erfahrungen haben dann EHRLICH zu der ganz in seiner geistigen Richtung liegenden Theorie der direkten Wirkung geführt.

Was nun die verschiedene Beeinflußbarkeit der gleichen Erreger durch das gleiche Heilmittel in verschiedenen Tierspezies anlangt — so wirkt z. B. Emetin auf Ruhramöben beim Menschen, nicht an der jungen Katze (DALE und DOBELL) und zahlreiche trypanocide Agenzien, darunter auch „205", wirken in der Maus besser als beim kranken Menschen oder Großvieh —, so sprechen derartige methodisch höchst wertvolle Befunde keineswegs gegen eine direkte Wirkung. Außer verschiedenen distributiven Verhältnissen, die vorliegen können und die EHRLICH stets in Betracht gezogen hat, muß besonders der bei verschiedenen Spezies andersartige *Infektionscharakter* in Betracht gezogen werden. Der auf den Infekt mit Erkrankung reagierende Makroorganismus bestimmt den Charakter der Infektion und ihres Verlaufes und kann auch den Erreger modifizieren; ob er den Wirkungsmechanismus des therapeutischen Agens verändert, ist unbewiesen. Gerade die Modifikation der Erreger wird noch viel zu wenig beachtet; hat doch KROÓ gezeigt, daß Trypanosomen bei Passage durch verschiedene Tierspezies ihren immunbiologischen Zustand weitgehend verändern können, eine Tatsache, die bei der nahen Verwandtschaft von Immuno- und Chemoreceptoren (siehe später) größtes Interesse verdient. Am Modell der Recurrensspirochäten hat derselbe Autor (l. c.) nachgewiesen, daß auch die Empfindlichkeit gegenüber Salvarsan in hohem Grade von der Virulenz der Parasiten abhängig ist und z. B. bei schwach virulenten Stämmen mit geringer Mortalität (nach Zeckenpassage) viel geringer ist.

Es erübrigt sich, darauf hinzuweisen, daß bereits EHRLICH wohl gewußt hat, daß die keineswegs indifferenten chemischen Körper außer ihren spezifischen parasitotropen Eigenschaften auch auf den behandelten Makroorganismus einwirken (Organotropie). Über die toxikologisch feststellbaren Wirkungen hinaus besitzen sie gewisse Reizfähigkeiten, die sich z. B. in der unspezifischen Steigerung von Immunvorgängen äußern können (BOEHNKE). Ebenso ist auch allgemein bekannt, daß beim chemotherapeutischen Heilungsvorgang — man denke nur an das Beispiel der trypanociden Wirkung des Brechweinsteins — Antikörper in hohem Maße beteiligt sind. Die Kenntnis der serumfesten Trypanosomenstämme beruht auf der Analyse dieser Erscheinungen. Immer aber ist es möglich, unspezifische Reizwirkungen experimentell von der spezifischen parasitociden Wirkung abzugrenzen. Die Ansichten der Anhänger indirekter Wirkung gehen aber über diese Tatsachen in ihren Schlüssen weit hinaus. Am klarsten hat bisher COLLIER diesen Vorstellungen Ausdruck gegeben.

Er hat in Bestätigung älterer Untersuchungen gezeigt, daß ein Zusatz von „Bayer 205" die Gerinnbarkeit von Serum durch Erhitzen verhindert. Antimonverbindungen mit 3- und 5wertigem Sb besitzen eine solche Fähigkeit nicht, sondern sind imstande, die gerinnungswidrige Eigenschaft von „205" zu paralysieren. Er sieht nun die Wirkung des „205" darin, daß im Körper ein Globulin-205-Komplex entsteht, und zwar aus dem durch die Infektion an sich mobilisierten Abbauprodukten der Körperzellen; beim Abbau dieses Komplexes werden spezifische trypanocide Körper frei. Der bessere klinische Erfolg einer „205"-Brechweinsteinbehandlung erscheint theoretisch beruhend auf einem leichter abbaubaren Eiweiß-205-Antimonkomplex. COLLIER wahrt dabei — was bisher bei der Deutung indirekter Wirkung unmöglich war — den Spezifitätsbegriff, der, wie er sagt, „verschoben wird", nämlich auf spezifisch wirksame Abbauprodukte der Proteine.

Es leuchtet wohl ohne weiteres ein, daß die Schlüsse, die hier aus einigen Reagensglasversuchen gezogen werden, recht weitgehend sind und daß die wenigen Experimente, die wohl nur eine unspezifische, hydrotropische Harnstoffwirkung des „205" betreffen, kaum ausreichen, ein solches spekulatives Gebäude zu tragen. Tierexperimentell ließ sich aber lange Zeit der Nachweis indirekter Wirkung nicht erbringen, und auch heute ist das nicht leicht.

Im allgemeinen hat die Berücksichtigung der quantitativen Verhältnisse bei der Dosierung der Heilmittel in gewissem Umfange einen Schluß auf die Art der Wirkung zugelassen Die Auswertung im Tierversuch führte zur Festlegung einer optimalen heilenden Dosis, deren Verkleinerung zunächst unregelmäßigere Erfolge mit sich brachte und schließlich die untere Grenze der Wirksamkeit feststellen ließ. Die Vorstellungen von der Distribution der Agenzien zwischen Wirt und Parasit zeigten Beziehungen, die für Bindung von Parasit und Chemikale sprachen. Das wesentliche der indirekten Wirkung ist aber gerade eine gewisse *Unabhängigkeit des Heileffektes* von der Dosis, die sogar (Klinik der Goldtherapie der Tuberkulose) zur Erreichung optimaler „katalytischer" Wirkung recht klein gewählt werden muß. Der Tierversuch bietet aber ein ganz anderes Bild: aus den Experimenten von MADSEN und MÖRCH zur Sanocrysinbehandlung der experimentellen Kaninchentuberkulose ergibt sich, daß man zur Heilung eine recht energische Serienbehandlung mit großen Dosen des Mittels durchführen muß.

Die überraschende Tatsache, daß im Heilversuch mit 4tägigem Intervall zwischen Infektion und Behandlung die Wirkung des Sanocrysins besser ist als im Simultanversuch, läßt die Annahme indirekter Wirkung

nicht als notwendig erscheinen. Hier können auch Besonderheiten des Infektionsverlaufes bzw. das Mitwirken von Immunitätsvorgängen interferieren.

Es gibt nun aber ein in sehr großzügiger Weise experimentell durchgearbeitetes Beispiel von optimaler therapeutischer Leistung bei kleinen Dosen; das sind die Untersuchungen WALBUMS über den Einfluß von Metallsalzlösungen auf verschiedene bakterielle Infektionen und Toxikosen. Hier findet man einerseits einen gewissen Grad von Spezifität, da sich für jede der von WALBUM studierten Infektionen ein bestimmtes Metallchlorid bzw. eine beschränkte Gruppe von diesen auffinden läßt, die eine solche Wirkung zeigen. Andererseits werden sehr charakteristische *Optima der Wirkung* bei bestimmten, meist schwachen molaren Konzentrationen gefunden, während stärkere oder noch schwächere Lösungen unwirksam sind bzw. sogar den Verlauf der Infektion oder Vergiftung begünstigen können. Leider sind diese sehr interessanten Versuche bisher noch unbestätigt.

Dagegen hat in letzter Zeit eine Reihe von Untersuchern (KRITSCHEWSKI und MEERSOHN, KOLPIKOW, FELDT und SCHOTT, JUNGEBLUT) Beobachtungen mitgeteilt, die von einigen dieser Forscher im Sinne einer Bekräftigung der Theorie der indirekten Wirkung aufgefaßt werden. Es handelt sich um therapeutische Versuche zumeist an mit Trypanosomen oder Recurrensspirochäten infizierten Mäusen, bei denen das retikulo-endotheliale System durch Blockade (mit Tusche, Eisenzucker oder kolloidalen Farbstoffen) und Entmilzung funktionell ausgeschaltet oder „eingeengt" (JUNGEBLUT) ist. Übereinstimmend zeigen diese Versuche, daß eine solche Vorbehandlung die Wirkung verschiedener trypanocider und spirochätocider Agenzien (Salvarsane, Antimonverbindungen, „205", Farbstoffe) aufhebt bzw. deren Wirksamkeit in dem Sinne beeinträchtigt, daß in dem kurze Zeit parasitenfreien Blut sehr schnell wieder die Erreger auftreten. Dabei ist der Infektionsverlauf als solcher nur bei der Recurrens der Maus infolge der Vorbehandlung alteriert, und zwar verläuft die Krankheit wesentlich schwerer.

Eine befriedigende Deutung dieser Versuche steht noch aus; im wesentlichen haben sich die Untersucher auf die Feststellung der Tatsache beschränkt, daß die Belastung und partielle Eliminierung des Retikuloendothels die chemotherapeutische Leistung aufhebe oder vermindere. Ein stringenter Beweis für indirekte Wirkung ist das Ergebnis dieser Versuche nicht. Man weiß zwar, daß für das Zustandekommen der Immunität das retikulo-endotheliale System von Bedeutung ist. Ob aber auch bei der chemotherapeutischen Heilung nun die Bildung körpereigner Abwehrstoffe, die für die Heilung nötig sind, unter Blockade und Entmilzung unterbleibt, ist experimentell nicht sichergestellt. JUNGEBLUT sieht das Ausbleiben bzw. die Hemmung parasitocider Wirkung darin, daß bei der Einengung des retikulo-endothelialen Systems die Entstehung wirksamer Umbauprodukte der therapeutischen Agenzien mehr oder minder gehindert ist. Zwar hat FELDT beobachtet, daß auch die dreiwertigen Arsenoxyde der Salvarsane bei dieser Versuchsanordnung einen Wirkungsverlust erleiden, doch schließt dies nicht aus, daß trotzdem Störungen der Oxydations-Reduktionsvorgänge vorliegen.

Wüßte man genügend von der Bedeutung des Retikuloendothels für die fundamentalen Lebensvorgänge der Tiere oder könnte man wenigstens die verschiedenen bisher analysierten Funktionen dieses Zellsystems und die entsprechenden Ausfallserscheinungen einheitlich interpretieren, so ließe sich wohl mehr zur Deutung auch der speziell chemotherapeutischen Phänomene sagen. Im Augenblick erscheint es durchaus angängig, im Sinne der Auslegungen JUNGEBLUTS und unter Berücksichtigung der anderen Befunde, eine Störung im Ablauf der normalen zur direkten — wenn auch nicht unmittelbaren — Heilwirkung notwendigen cellulären Prozesse anzunehmen. Sie verlaufen aber vielleicht nicht nur, wie JUNGEBLUT annimmt, in der Richtung einer Hemmung, sondern auch in der Richtung eines *überstürzten Abbaus zu einem unwirksamen Endprodukt* im Sinne VOEGTLINS.

Es ist eine methodisch bemerkenswerte Erscheinung, daß man die interessanten Aufschlüsse über therapeutische Wirkungsmechanismen nicht allein aus dem vielfach variierten und quantitativ ausgestalteten Heilversuch und auch nicht durch den einfachen, aber oft überaus schwierig zu deutenden Reagensglasversuch erhält, sondern durch Analyse derjenigen Versuchsbedingungen, unter denen die therapeutische Wirksamkeit aufgehoben wird. Der Wert der spezifischen Arzneifestigung braucht hier nicht erörtert zu werden. Der weitere Ausbau der eben beschriebenen Blockadeversuche verspricht nicht minder aufschlußreich zu sein. Daneben hat in den letzten Jahren eine neue, am klassischen Modell des Trypanosomenversuchs ausgearbeitete Versuchsanordnung Interesse gewonnen, die auf eine von EHRLICHS früheren Mitarbeitern BROWNING und GULBRANSEN gemachte Beobachtung zurückgeht: das *„Interferenzphänomen"*. Sie führt uns wieder in das Gebiet der auf der Annahme direkter Wirkung basierenden Chemoreceptorentheorie und scheint geeignet, gewisse Schwächen der Theorie zu beheben und das Gesamtbild dieses Vorstellungskreises abzurunden.

BROWNING und GULBRANSEN hatten beschrieben, daß in Mäusen, die mit einem künstlich parafuchsinfest gemachten Trypanosomenstamm (Tryp. brucei) infiziert waren, und mehrere Stunden vor einer Behandlung mit *Trypaflavin* noch eine — natürlich unwirksame — *Parafuchsin*fütterung durchgemacht hatten, *die trypanocide Wirkung des Acridinfarbstoffes aufgehoben ist*. Dies war auffallend, da der gegen Parafuchsin gefestigte Trypanosomenstamm entsprechend allen früheren Erfahrungen mit derartigen Stämmen gegen Trypaflavin unter normalen Versuchsbedingungen voll empfindlich war. Noch überraschender und für eine Deutung im Sinne der Chemoreceptorenlehre ein erhebliches Hindernis war der Umstand, daß Parafuchsin in Versuchen an parafuchsinfesten Trypanosomen, die doch diesem Mittel gegenüber keine oder nur noch eine extrem verminderte Avidität besitzen, imstande sein sollte, die Trypanocidie des Trypaflavins

aufzuheben. Derartige Überlegungen mögen es wohl gewesen sein, die auch den Blick der englischen Forscher zunächst von den Parasiten ablenkten, so daß sie die Ursache der Interferenz in der Anwesenheit des Parafuchsins im Makroorganismus sahen.

Die Interferenzerscheinungen der geschilderten Art erinnerten aufs Lebhafteste an ältere Versuche MORGENROTHS und ROSENTHALS, in denen die *Aufhebung der trypanociden Wirkung des Brechweinsteins durch Kaliumhexatantalat* festgestellt worden war. Obgleich bei diesem Hemmungsphänomen auch echte Entgiftungsvorgänge durch chemisches Abfangen des wirksamen Agens eine Rolle spielen (ROSENTHAL und SEVERIN haben diese Verhältnisse später genauer studiert), so ließ sich doch der sichere Nachweis erbringen, daß das an sich wirkungslose Kaliumhexatantalat den Chemoreceptor im Sinne einer Brechweinsteinfestigung alteriert, *der antagonistische Effekt sich also am Chemoreceptorenapparat abspielt.*

Trotz des oben erwähnten Widerspruchs zur Chemoreceptorenlehre schienen aber auch die Versuche von BROWNING und GULBRANSEN dafür zu sprechen, daß die Interferenzerscheinungen auf Prozesse am Parasitenleibe selbst zurückzuführen sind. Ich habe daher vor einigen Jahren mit meinen Mitarbeitern Versuche in dieser Richtung aufgenommen, auf deren Einzelergebnisse hier nicht eingegangen werden soll, deren allgemeine Resultate aber wohl nicht ohne theoretisches Interesse sind.

Über die Bestätigung der Versuche BROWNINGS und GULBRANSENS hinaus ergaben sich zunächst einige überraschende Befunde:

1. Das geschilderte Interferenzphänomen kommt nicht nur bei parafuchsinfesten Trypanosomen, sondern auch *bei normalen, gegenüber beiden Agenzien voll empfindlichen Parasiten* zum Ausdruck.

2. Die hemmende Wirkung des Parafuchsins betrifft nicht nur das *Trypaflavin*, sondern auch das *Arsazetin*, das *Salvarsan*, den *Brechweinstein*.

3. Nicht allen Triphenylmethanfarbstoffen kommt eine analoge Wirkung zu; so sind z. B. das *Tryparosan* (ein chloriertes Parafuchsin) und das *Brillantgrün* so gut wie unwirksam, während *Pyoktanin* (Methylviolett) eine hemmende Wirkung besitzt.

Diese Befunde sind neuerdings auch von BROWNING und GULBRANSEN bestätigt und in einigen Punkten noch erweitert worden.

Die Fülle von Variationsmöglichkeiten, die diese Versuchsanordnung bietet, wurde zunächst in Hinblick auf die zeitlichen Verhältnisse und unter Berücksichtigung der quantitativen Beziehungen bei der Dosierung des hemmenden und des gehemmten Agens bearbeitet. Bezüglich des Zeitfaktors, der theoretisch weniger ergiebig ist, genüge der Hinweis, daß ein Optimum besteht, das innerhalb der *ersten 4 Stunden* nach der Vorbehandlung liegt

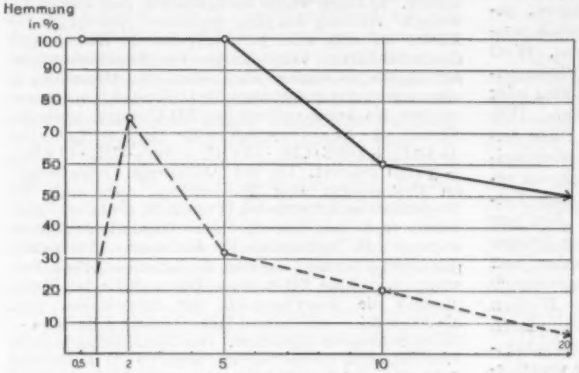
Beim Studium der quantitativen Beziehungen stellte sich zweierlei heraus: Die Hemmbarkeit der Trypanocidie der genannten Agenzien ist differenzierbar durch die zu kompletter Wirkungsaufhebung erforderliche Dosis des zu hemmenden Agens. Für Parafuchsin z. B. wurde festgestellt, daß — beim gefestigten Stamm — optimale Hemmung der Trypanocidie (in 60—100%) zu erzielen war, für Trypaflavin durch 1 : 10 000, für Arsazetin durch 1 : 1000, für Salvarsan durch 1 : 500. Brechweinstein war nur sehr schwer zu hemmen; mit der stärksten ertragenen Parafuchsindosis gelang die Wirkungsaufhebung nur in 40%. Der normale Trypanosomenstamm, der sich qualitativ gleich verhält, zeigt andere quantitative Beziehungen, indem Trypaflavin, Arsazetin und Salvarsan gleichmäßig durch eine mittlere Konzentration des Parafuchsins von 1 : 2000—5000 gehemmt werden. Dies erläutern die folgenden Kurvenbilder.

Die Zahlenwerte, die den Kurven zugrunde liegen, sind aus einer großen Zahl von Versuchen gewonnen. Die ausgezogene Linie gibt die Versuche am parafuchsinfesten Stamm, die gestrichelte Linie die Versuche am normalen Trypanosomenstamm wieder. Auf der Abszisse sind die Konzentrationen des *Parafuchsins* als reziproke Werte der Tausender eingetragen, auf der Ordinate die Prozentzahlen der kompletten Hemmungen.

Bei der Deutung der Erscheinungen mußten verschiedene Möglichkeiten berücksichtigt werden. Zunächst entstand die Frage, ob es sich um einen chemischen Abfangvorgang im Gewebe des infizierten Tieres handeln könne. In diesem Falle wäre zu erwarten, daß auch für den nicht infizierten Makroorganismus eine *Entgiftung* des einen Agens durch die Kombination mit dem andern stattfinde. Dies trat nicht ein, vielmehr erlebte man in den meisten Fällen, besonders stark bei der Kombination Parafuchsin-Trypaflavin, ein Zusammenwirken der toxischen Komponenten. *Dem therapeutischen Antagonismus stand ein toxischer Synergismus gegenüber.* Selbst unter Würdigung des Umstandes, daß organotroper und parasitotroper Effekt nicht auf die gleichen chemischen Gruppen zu beziehen sind, erscheint die Annahme einer einfachen Entgiftung unzureichend, da die interferierende Wirkung des Parafuchsins sich auf *chemisch differente, aber biologisch-therapeutisch sich nahestehende* Körper erstreckt.

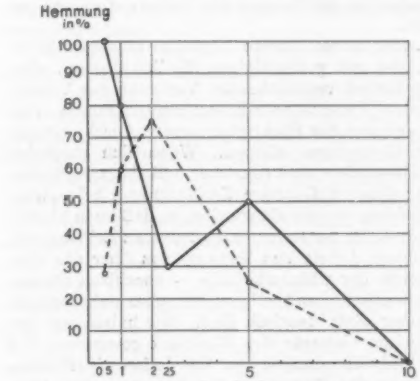
Die zweite Möglichkeit bestand in der Annahme, daß auch den Interferenzerscheinungen Vorgänge zugrunde liegen, wie sie oben anläßlich der Blockadeversuche geschildert wurden. Das ist aus mehreren Gründen unwahrscheinlich. Man bedenke nur, wie geringfügig der zur Interferenz führende Eingriff als solcher ist (Parafuchsin 1 : 5000 hebt die Trypaflavinwirkung noch in 100% der Fälle auf) gegenüber der energischen Präparation, die zur Einengung oder funktionellen Beeinträchtigung des retikulo-endothelialen Systems notwendig ist. Auch die strenge zeitliche Begrenzung (nach 24—48stündigem Intervall ist von einem Interferenzeffekt kaum noch etwas zu merken) trennt das Interferenzphänomen scharf von den Blockadewirkungen, die noch mehrere Tage und

sogar Wochen nachweisbar sind. Vor allem aber sprechen die *charakteristischen quantitativen Verhältnisse*, die bei der Wirkungsaufhebung der verschiedenen Agenzien mit Regelmäßigkeit gefunden werden, dafür, daß hier nicht einfache unspezifische Prozesse vorliegen können. Auch die vor kurzem von BROWNING und GULBRANSEN mitgeteilte Beobachtung, daß das schwach wirksame Parafuchsin nicht durch Vorbehandlung mit Parafuchsin beeinflußt wird, wohl aber das stärker wirksame Tryparosan, legen es nahe, die Deutung der Interferenzphänomene vom Parasiten aus auf der Grundlage der Chemoreceptorenlehre zu versuchen.



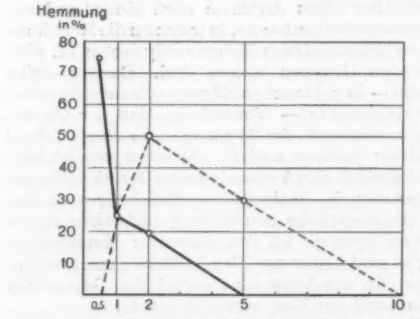
Kurve 1. Interferenzversuche Parafuchsin-Trypaflavin am parafuchsinfesten und normalen Stamm.

Eine Schwierigkeit dieses Deutungsversuches wurde schon erwähnt: Es war die Tatsache, daß das Interferenzphänomen mit Parafuchsin als hemmendem Agens besonders gut bei parafuchsinfesten Trypanosomen nachzuweisen war. Hier ist die Avidität des Parafuchsinreceptors künstlich in einem Maße vermindert, daß eine Bindung des Parafuchsins so gut wie ausgeschlossen ist. Nun hatte aber EHRLICH, geleitet durch die vielfach überraschenden Resultate seiner Arzneifestigungsversuche seine ursprüngliche Ansicht vom „einfachen" Bau des Chemoreceptors später modifiziert. In dem genialen Beispiel vom „aufgespießten Schmetterling" wurde der Chemoreceptor in bindende Gruppen von verschiedener Avidität aufgespalten, indem EHRLICH z. B. für das Arsenophenylglycin die CH_2COOH-Gruppe als primäres Haptophor annahm, das an einem spezifischen *„Azetikoreceptor"* von besonderer Avidität zunächst verankert wird, während die übrigen Gruppen des chemotherapeutisch wirksamen Moleküls von sekundären und tertiären Kernen der Reihe nach gebunden werden.



Kurve 2. Interferenzversuche Parafuchsin-Arsazetin am parafuchsinfesten und normalen Stamm.

Die Interferenzversuche zeigten, daß man dem Chemoreceptor einen *komplexen Bau* zuerkennen muß, dessen Struktur sich aus den quantitativen Ergebnissen der Versuche ableiten ließ. Da das Parafuchsin trotz aufgehobener Avidität noch am Parasiten verankert wurde, durfte dieser Angriffspunkt nicht mit der eigentlich empfindlichen therapeutischen Gruppe identisch sein. So kamen wir zur Annahme eines *primären Bindungskerns*, an dem die therapeutischen Agenzien verankert werden müssen, um an den, dem primären zugeordneten — lebenswichtigen Zentren entsprechenden — *sekundären giftempfindlichen Kernen* angreifen zu können. Der primäre Bindungskern hätte danach *pluripotente Bindungsfähigkeiten*, wäre also relativ entdifferenziert. Dagegen besitzen die sekundären giftbindenden Kerne eine besonders *hohe Spezifität*. Diese läßt sich aus dem quantitativen Verhalten der Hemmbarkeit durch Parafuchsin erschließen. Nach dem Grade der Hemmbarkeit im *„Parafuchsinsystem"* kommen dem Trypaflavin, dem Arsazetin, dem Salvarsan und dem Brechweinstein *differente giftbindende Kerne* zu. Diese Vorstellung ist vielleicht imstande, die Unstimmigkeiten der ursprünglichen Chemorecep-



Kurve 3. Interferenzversuche Parafuchsin-Salvarsan am parafuchsinfesten und normalen Stamm.

torentheorie, die darin bestanden, daß diese den Arsenikalien, den Acridinfarbstoffen und dem Brechweinstein einen gemeinsamen Chemoreceptor zuerkennen mußte, zu beseitigen. *Gemeinsam* ist diesen Agenzien der *primäre Bindungskern, getrennt* aber sind die mit *verschiedener Avidität* ausgestatteten *sekundären giftbindenden Kerne*. Wird nun wie im Interferenzversuch der I. Bindungskern besetzt, so haben andere Agenzien keine oder nur unvollkommene Angriffsmöglichkeiten. Ihre Wirkung bleibt aus oder ist nur abortiv. Diese Anschauungen haben bisher erlaubt, alle Teilerscheinungen, die derartige Versuche darbieten, zu erklären und auch mit dem bisher bekannten Tatsachenmaterial in Einklang zu bringen. Um nur ein Beispiel aus dem großen Komplex von Fragen zu erörtern, sei das Verhalten normaler und arzneifester Trypanosomen im Interferenzversuch gestreift. Die oben wiedergegebenen Kurven zeigen, daß die Differenzierung der sekundären giftbindenden Gruppen, wie sie beim parafuchsinfesten Stamm durch die Beziehungen der verschiedenen hemmenden Konzentrationen des Parafuchsins zueinander gegeben ist, beim Normalstamm aufgehoben erscheint. Hier werden alle Agenzien durch nahe beieinanderliegende optimale Konzentrationen gehemmt. Die Parafuchsinfestigung hat also den Chemoreceptor verändert, sein Gefüge aufgelockert. Wie der eingreifende Prozeß einer Arzneifestigung wirkt wahrscheinlich auch *jeder chemotherapeutische Eingriff*, nur rascher und weniger intensiv. Dies zeigen bereits die interessanten Versuche MORGENROTHS über den von ihm als *„Chemoflexion"* bezeichneten „chemischen Abwehrreflex", der zu einem flüchtigen, der Festigkeit entsprechenden Empfindlichkeitsverlust führt. Die Besetzung des primären Bindungskerns verhindert nicht nur das Angreifen des chemotherapeutischen Agens, sondern bringt auch eine *Umschichtung im dynamischen System der II. giftbindenden Kerne* mit sich. Dadurch finden eine Reihe von bekannten Erscheinungen Aufklärung, die in Versuchen mit arzneifesten Trypanosomen beschrieben wurden. Sie betreffen sowohl das „unspezifische" *Übergreifen der Festigkeit* (LEUPOLD hat gelegentlich der 205-Festigkeit einer Reihe derartiger Phänomene mitgeteilt) als auch eine auffallende *Erhöhung der Empfindlichkeit* gegenüber chemotherapeutisch andersartigen Mitteln (so war z. B. der von uns benutzte gegen Parafuchsin gefestigte Stamm salvarsanempfindlicher als der normale).

Ähnlich wie das „Parafuchsinsystem" eines komplexen Chemoreceptors dürfte sich das *„Tantalsystem"* verhalten. Hier steht die Fortsetzung der Untersuchungen MORGENROTHS und ROSENTHALS noch aus. Dagegen haben eine große Zahl von Versuchen, die sich mit der *Hemmung der trypanociden Wirkung von p-Oxy-m-aminoarsinoxyd (As 3-wertig) und Brechweinstein durch Natriumthioglykolat* beschäftigen, uns zu der Anschauung geführt, daß wir hier auch Phänomene von Interferenz vor uns haben. Sie sind geeignet, uns mit einem weiteren Chemoreceptorensystem bekannt zu machen.

Diese Versuche gingen auf die ausgezeichneten Untersuchungen VOEGTLINS und seiner Mitarbeiter zurück. In ihnen wurde nachgewiesen, daß sowohl die toxische Wirkung des eben genannten Arsinoxyds für Ratten als auch seine hohe trypanocide Wirksamkeit durch SH-haltige Verbindungen wie *Natriumthioglykolat, Cystein*, besonders aber reduziertes *Glutathion* in vitro und in vivo aufgehoben wird. Die Autoren nehmen an, daß das Arsinoxyd mit den SH-Gruppen, nach der Formel $R \cdot As = O + H_2S = R \cdot As \begin{matrix} S \\ H_2O \end{matrix}$ oder $As(OH)_2 + 3(HS \cdot CH_2 \cdot COOH) = As(S \cdot CH_2 \cdot COOH)_3 + 3\,H_2O$ reagiert. Da sich SH-haltige Verbindungen im Protoplasma aller Körperzellen, aber auch der Trypanosomenzellen finden (VOEGTLIN, DYER und LEONARD) und dort als für alle Oxydationsvorgänge wichtige H-Überträger („reduzierende Fermente" [HEFFTER]) wirken, nahmen die amerikanischen Forscher an, daß die SH-haltigen Bestandteile des Protoplasmas die Angriffspunkte der Arsenikalien sind. Sie sollen die — zum ersten Male *chemisch definierten* — Chemoreceptoren darstellen. Die chemotherapeutische Wirkung wird ebenso wie die toxische als Aufhebung der Lebenstätigkeit der Zelle durch Beschlagnahme der wichtigen SH-Gruppen aufgefaßt. In den Hemmungsversuchen soll durch den künstlich herbeigeführten Überschuß an SH-Gruppen das Arsinoxyd abgefangen werden.

Leider haben unsere Versuche in dieser Richtung, die mit geringfügigen Modifikationen, aber weitgehender vergleichender Variation der VOEGTLINschen Versuchsanordnung vorgenommen wurden, uns von der Richtigkeit seiner Anschauungen nicht überzeugen können. Wesentlich erscheint dabei besonders, daß toxischer und therapeutischer Effekt durch SH-haltige Verbindungen keineswegs gleichsinnig beeinflußt wurden, so daß auch hier — ebenso wie in der unter MORGENROTHS Leitung entstandenen Arbeit von TSAKALOTOS über die Trypanocidie der Chinaalkaloide — spezifisch chemotherapeutische und allgemeine pharmakologische Wirkung *nicht* identisch sind. Wir haben aus den Versuchen vielmehr den Eindruck gewonnen, daß die Thiolverbindungen eine *interferierende Wirkung* im Sinne des BROWNING-GULBRANSENschen Phänomens haben, d. h. durch Besetzung eines I. Bindungskerns hemmend wirken. Dieser I. Kern gehört aber allem Anschein nach einem anderen *Chemoreceptorensystem* an, in welchem die Beziehungen der verschiedenen bisher analysierten II. giftbindenden Gruppen andere sind. Daraus ergibt sich die — in zahlreichen Zügen noch experimentell zu verifizierende — Vorstellung, daß *der Chemoreceptorenapparat des Trypanosomas eine Vielzahl komplexer Systeme umfaßt, die selbst von höchster Wandelbarkeit durch mannigfache Überschneidungen miteinander in wechselvollen Beziehungen stehen*. Die therapeutische Einwirkung auf diese dynamischen Systeme ist von äußerster Kompliziertheit; es sind bisher nur Bruchstücke experimentell dargestellt, aus denen ein theoretisches Gesamtbild zu konstruieren hier versucht wurde.

Die chemische Definition des Chemoreceptors, so wünschenswert sie wäre, steht noch aus; der

VOEGTLINsche Versuch erscheint, betrachtet im Vergleich zu der Fülle der Erscheinungen unvollkommen und läßt besonders den Spezifitätsgedanken allzusehr zurücktreten. Das, was SACHS in seinem Referat über Antigenstrukturen auf der diesjährigen Wiener Mikrobiologentagung von dem *Immunoreceptor* sagte, gilt auch für den *Chemoreceptor*. „Der Receptor erscheint dann lediglich als der *Ausdruck einer gedanklichen Projektion*, die die experimentell nachweisbare biologische Funktion in ein *supponiertes materielles Substrat verlegt*. Im Lichte dieser Betrachtung ist die Receptorenlehre eine Theorie, die, wie es einst JUSTUS V. LIEBIG formuliert hat, *alles durch die Sinne Wahrnehmbare und Erkannte zusammenfassen soll und so zu einem geistigen Ausdruck der Erscheinungen wird.*"

Ob den hier entwickelten Anschauungen ein praktischer Wert zukommt, läßt sich noch nicht entscheiden; das wird erst möglich sein, wenn sie bei der Bearbeitung neuer chemotherapeutischer Heilmittel richtungsgebend in die experimentelle Empirie eingreifen. Die Tatsache, daß zwei verschiedene trypanocide Agenzien sich nicht kombinieren, sondern auch antagonistisch beeinflussen können, mag aber auch für die Praxis berücksichtigenswert sein.

Nun berührt aber das Studium der Interferenzerscheinungen ein weiteres Problem. SILBERSTEIN hat, besonders in Versuchen, in denen SH-haltige Verbindungen und Brechweinstein kombiniert angewandt wurden, gezeigt, daß auch in den Fällen, in denen eine völlige Wirkungsaufhebung des Brechweinsteins nicht gelang, aber der Charakter der Infektion verändert wurde (chronisch-kontinuierlicher bzw. intermittierender Verlauf) sehr rasch *die immunologische Umwandlung zu einem ausgangsdifferenten Stamm* (Rezidivstamm) eintritt. Im Gegensatz zu der *„antimutativen"*, die Rezidivstammbildung hemmenden Wirkung des „205" (vgl. MORGENROTH, diese Zeitschr. 1924, Nr. 12), besitzen die interferierenden Agenzien, zumal die sulfhydrylhaltigen, eine *„hypermutative"* Wirkung.

Bekanntlich bestehen sehr enge, von EHRLICH schon erkannte Beziehungen zwischen Immunoreceptor und Chemoreceptor; die Erwerbung von Rezidivstammeigenschaften geht öfter mit Erhöhung bzw. Verminderung therapeutischer Empfindlichkeit einher.

Unsere Versuche sprechen dafür, *daß der Immunoreceptor mit dem I. Bindungskern identifiziert* werden darf. Mit dieser Annahme nähern wir uns aber einer weiteren, in der theoretischen Chemotherapie wichtigen Frage, die schon oben gestreift wurde. Es ist dies die Erfahrung, daß in verschiedenen Tierarten mit dem gleichen Heilmittel nicht die gleichen therapeutischen Effekte erzielt werden. Auf die Untersuchungen KROÓS, die diese Fragestellung berühren, wurde schon hingewiesen. Sie zeigen überzeugend, daß biologische Veränderungen der Parasiten unter den Bedingungen normaler Infektion in verschiedenen Versuchstieren eintreten, die auch auf die Empfindlichkeit gegenüber chemotherapeutischen Agenzien übergreifen können. Sollte es sich, wie die Interferenzversuche andeuten, als richtig erweisen, daß *Variationen von Immunoreceptoren und Chemoreceptoren in gesetzmäßigen Beziehungen zueinander stehen und dadurch der für den Heileffekt entscheidende Verankerungsmechanismus der Heilmittel beeinflußt wird*, dann ergäbe sich ein Ausblick für die experimentelle Zergliederung des Wirkungsmechanismus unter Heranziehung aller dabei mitwirkenden Faktoren.

Die Schilderung der Arbeitshypothesen, die in großen Zügen den gegenwärtigen Stand der Chemotherapie wiedergeben, möge zeigen, daß der experimentelle Ausbau von der Bemühung um ordnende theoretische Grundlagen getragen wird. Dabei ist nach wir vor der fruchtbarste Weg, *den protozoischen oder bakteriellen Parasiten in den Mittelpunkt zu der Betrachtung stellen* und danach zu streben, den Vorgang seiner chemischen Vernichtung unter den Bedingungen des komplizierten Kräftespiels der Reaktionen des infizierten Organismus zu erkennen.

Grundprobleme der Geologie Europas.

Von S. VON BUBNOFF, Breslau.
(Aus dem Geologischen Institut der Universität und der Technischen Hochschule.)

I. Einleitung. Geologische Grundgesetze.

In einigen kurzen Aufsätzen möchte ich eine Schilderung der Geologie Europas geben, wobei es mir aber weniger auf die Einzelverhältnisse der Länder ankommt, als auf die Herausarbeitung bestimmter Grundfragen der Geologie, wie sie durch individuelle Landschaften in individueller, und doch wieder allgemeingültiger Form gestellt werden.

Wenn man die Probleme, welche die Erde dem wissenschaftlichen Denken stellt, einer Lösung zuführen will, so besteht die erste Aufgabe ja darin, diese Probleme nach ihrer Zugehörigkeit zu ordnen. Diese Ordnung geschieht meistens in Form eines Lehrbuches, indem die einzelnen Fragenkomplexe nach der Ähnlichkeit der Erscheinungsform klassifiziert, d. h. in ein, man könnte sagen „scholastisches" System gebracht werden. Zur Erlangung einer wirklich erschöpfenden Übersicht ist dieser Weg zweifellos unumgänglich; es läßt sich aber nicht leugnen, daß er der wirklichkeitsfernste und langweiligste ist, weil auf ihm die Probleme aus ihrem Zusammenhang in Raum und Zeit, aus der individuellen Umgebung, welche ihnen Leben verleiht, herausgerissen werden. Gerade für die Geologie birgt dieser Weg Gefahren, denn für sie ist die Beziehung zu Raum und Zeit wichtiger, als für jede andere Naturwissenschaft.

Während die Experimente, deren sich Physik und Chemie bedienen, Allgemeingültigkeit besitzen und überall und zu jeder Zeit gelten, haben

die Experimente, welche uns die Erdgeschichte vorführt, anderen, einmaligen Charakter. Will man sie der Zufälligkeit der Nebenumstände entkleiden, um sie zu klassifizieren, so läuft man oft Gefahr, Zufälliges und Wesentliches zu verwechseln. Daraus erfolgt für den Geologen die Notwendigkeit, den Zusammenhang mit den besonderen Verhältnissen einer bestimmten Landschaft und einer bestimmten Epoche stets zu wahren; daraus erfolgt aber gerade auch eine Besonderheit des geologischen Denkens, die nicht nur gegenüber Laien, sondern auch gegenüber Wissenschaftlern benachbarter Disziplinen das Verständnis erschwert. Eben aus diesem Grunde möchte ich zur Einleitung einige Grundprinzipien des geologischen Denkens erörtern, auf die Gefahr hin, manches Selbstverständliche zu sagen.

Superkrustale und interkrustale Gesteine.

Das Material, welches die Geologie untersucht, sind die Gesteine und ihre Lagerung. Was uns am Gestein interessiert, sind seine Zusammensetzung und seine Einschlüsse, mittelbar aber seine Bildungsweise und Bildungszeit, letzten Endes die geographischen und physikalisch-chemischen Verhältnisse, in denen es gebildet wurde. Der Bildungsprozeß ist also nicht, wie in der Physik und in der Chemie, direkt beobachtbar; er muß rekonstruiert werden, entweder durch Vergleich mit analogen Prozessen in der Gegenwart, oder durch ein Experiment. Oft ist beides nicht möglich, da Maßstäbe gleicher Größenordnung von Raum und Zeit fehlen; hier muß die spezifisch geologische Methode eingreifen, über deren Exaktheit noch zu sprechen sein wird.

Innerhalb der unserer Beobachtung zugänglichen Gesteine haben wir zwei große Gruppen zu unterscheiden. Die eine umfaßt die Gesteine, welche auf der Erdkruste gebildet wurden, für die also im wesentlichen die uns unmittelbar sichtbaren Bildungsbedingungen gelten. Zu dieser Gruppe der *superkrustalen* Gesteine gehören die Sedimente (Absätze) im Meere und auf dem Lande und die vulkanischen Produkte — Laven, Aschen, Tuffe usw.

Die andere Gruppe — die *interkrustalen* Gesteine — wurde innerhalb oder unterhalb der oberen Erdkruste gebildet und ist erst nachträglich, durch Abtragung und Zerstörung der überlagernden Massen der Beobachtung zugänglich geworden. Die Bildungsbedingungen dieser Gesteine sind nie unmittelbar zu beobachten; es gehören kompliziertere Gedankengänge, auf Beobachtung der Erscheinungsform und des Feinbaues und auf der Analogie zu chemisch-physikalischen Prozessen beruhend dazu, um sie zu erschließen. Hohe Temperatur und hoher Druck sind für ihre Bildung entscheidend. Die plutonischen, aus einer glutflüssigen Schmelze erstarrten Tiefengesteine (Granite, Diorite, Gabbros usw.) und die krystallinen Schiefer (Gneis, Glimmerschiefer usw.) gehören hierher.

Wenn wir die Bildungsbedingungen dieser Gesteinsgruppen erforschen wollen, so müssen wir als erstes die zeitliche Folge ihrer Entstehung kennenlernen — wir müssen das unmittelbar sichtbare *Neben- oder Übereinander* in das historische *Nacheinander* der Erdgeschichte verwandeln; denn nur so bekommen wir die zeitliche Folge, die in der Geologie das nicht erreichbare unmittelbare Experiment ersetzt. Darin liegt der grundlegende *historische* Charakter aller geologischen Forschung.

Diese Rekonstruktion der zeitlichen Folge ist nun bei den beiden genannten Gesteinsgruppen auf durchaus verschiedene Prinzipien gegründet, über die wir Klarheit gewinnen müssen.

Das Grundgesetz der Lagerung.

Alle an der Oberfläche gebildeten Gesteine haben die Gestalt horizontaler Platten und die zuletzt gebildeten, jüngsten liegen über den früher entstandenen. Dieser, einfach auf dem Gravitationsgesetz beruhende Satz, der zunächst vollkommen selbstverständlich erscheint, ist das eigentliche Grundgesetz geologischer Forschung. Alles, was logisch richtig aus ihm abgeleitet wird, hat für den Geologen zum mindesten dieselbe Beweiskraft, wie die logische Ausdeutung eines Experimentes für einen anderen Naturwissenschaftler. Seine grundlegende Bedeutung beruht eben darauf, daß er das räumliche Nebeneinander in das zeitliche Nacheinander verwandelt, also gleichsam die „vierte Dimension" der Zeit in die Forschung einführt.

Dieser *relative* Zeitbegriff wäre vollkommen eindeutig, wenn die einzelnen Lagen der superkrustalen Gesteine jeweils die ganze Erdkugel umspannen würden. Das ist aber nirgends der Fall. Die einzelnen Gesteinslagen bedecken nur eine gewisse Fläche und werden dann durch andere, über-, unter- oder zwischengeschaltete ersetzt, die Erdkruste ist wie eine Zwiebel gebaut. Dabei kann eine Lage auskeilen, so daß die höhere — „das Hangende" direkt auf die tiefere — „das Liegende" zu liegen kommt; sie kann sich aber auch in ihrer Beschaffenheit verändern, ohne ein anderes Alter zu besitzen. Das sind die beiden Ergänzungen zum Lagerungsgesetz — die Erscheinung der *Transgression* und die Erscheinung der *Facies*. Unter *Transgression* oder transgressiver Lagerung verstehen wir den Fall, daß, statt der normalen Folge *a-b-c-d*, *b* und *c* ausfallen und *d* — das Jüngste, direkt auf *a* — das Älteste zu liegen kommt (Fig 1).

Fig. 1. Profil durch eine transgressive Schichtenfolge. Rechts liegt *a* — das Älteste, auf *d* — dem Jüngsten. Zwischen ihrer Ablagerung besteht ein zeitlicher Hiatus, dem links die Schichten *b* und *c* entsprechen.

Wir haben dann keine kontinuierliche, sondern eine unterbrochene Zeitfolge mit dem Hiatus, welcher der Bildungszeit von *b* und *c* entspricht. Das all-

gemeine Gesetz, daß die oberste Schicht die jüngste ist, bleibt natürlich gewahrt.

Der Begriff *Facies* umfaßt die Summe der physiko-geographischen Bedingungen, welche zur Bildung eines bestimmten Gesteins führen. Da diese Bedingungen an verschiedenen Stellen der Erde verschieden sind, wird im allgemeinen auch ihr Produkt — das Gestein zu gleicher Zeit, aber an verschiedenen Stellen, ein verschiedenes sein. Wir erhalten zu gleicher Zeit eine sandige, tonige, kalkige usw. Facies. Gleiche Facies bezeichnet man als *isopisch*, ungleiche als *heteropisch*, ohne Rücksicht auf das Alter (Fig. 2). JOHANNES

Fig. 2. Profil durch Faciesdifferenzen. Die Schichten *a* und *c* bleiben von links nach rechts unverändert; sie sind zeitlich verschieden, aber von gleicher Facies (isopisch). Die Schicht *b* wechselt in der Facies: links geschichtete Tone (b_1), in der Mitte Riffkalk (b_2), rechts sandige Küstenfacies (b_3). b_1, b_2, b_3 sind gleichaltrige Schichten, da sie alle von *a* unterlagert, von *c* überlagert werden; sie haben aber verschiedene Facies (heteropisch).

WALTHER hat den fast allgemein geltenden Satz aufgestellt, daß direkt übereinander nur Gesteine lagern, die auch nebeneinander gebildet werden können. Dieses Gesetz von der *Korrelation der Facies* würde z. B. bedeuten, daß Ablagerungen der Tiefsee nie unmittelbar über Ablagerungen der Meeresküste liegen, da ein Nebeneinander von Küste und Tiefsee so gut wie ausgeschlossen ist.

Diese beiden Komplikationen — Transgression und Facies — machen natürlich eine relative Zeitbestimmung auf alleiniger Grundlage der Gesteinsfolge unmöglich. Hier tritt ein neues Moment hinzu, welches die Hauptschwierigkeit beseitigt: die Erforschung des organischen Lebens. Jedem größeren und sogar jedem kleineren Zeitabschnitt kommt eine bestimmte Gemeinschaft von Lebewesen zu, welche ihm und nur ihm eigentümlich ist und nie mehr in derselben Kombination wiederkehrt. Es ist das eine empirisch gewonnene und tausendfach bestätigte Erfahrung, bei der man höchstens über die Anwendung auf die allerkleinsten Zeiteinheiten verschiedener Ansicht sein könnte. Es ist klar, daß dieses Gesetz, in Verbindung mit dem Lagerungsprinzip, die aus den Erscheinungen der Transgression und der Faciesverschiedenheit hervorgehenden Schwierigkeiten eliminieren kann. Man kommt so zu der allgemein bekannten erdgeschichtlichen Folge, die hier nur kurz wiedergegeben sei, da wir auf sie später mehrfach zurückgreifen müssen:

Azoicum — älteste Zeit ohne nachweisbare Lebewelt.

Eozoicum — Zeit der ersten, meist primitiven Lebewesen, keine Wirbeltiere.

Palaeozoicum — Zeit der ältesten Lebewesen, vorherrschend altertümliche Cölenteraten (Graptolithen, Tetrakorallen, rugose Korallen usw)., primitive Cephalopoden (Nautiliden und erste Ammoniten), primitive Krebse (Trilobiten) usw. Von Wirbeltieren vorwiegend altertümliche Fische und, zum Schluß, Amphibien und Reptilien. Das Palaeozoicum wird zergliedert in (von unten nach oben):

Cambrium
Silur
Devon
Carbon
Perm (Dyas).

Jede der fünf Abteilungen hat ihre spezifische Lebewelt.

Mesozoicum — Zeit der vorherrschenden Ammoniten unter den Wirbellosen und der Reptilien unter den Wirbeltieren. Wird gegliedert in:

Trias
Jura
Kreide.

Neozoicum — Zeit der vorherrschenden Schnecken und Muscheln unter den Wirbellosen, der Säugetiere unter den Wirbeltieren. Wird gegliedert in:

Palaeogen (Alttertiär)
Neogen (Jungtertiär)
Quartär (Diluvium und Gegenwart).

Das ist die heute feststehende, *relative* Zeitfolge, über deren absolute Dauer wir aber kaum etwas aussagen können. Es wird oft übersehen, ist aber von entscheidender Wichtigkeit, daß der so entwickelte *Zeitbegriff biologisch gewonnen* ist. Sein Maß ist schließlich die Lebensdauer einer biologischen Art oder Gattung und nicht eine physikalisch faßbare Zahl. Der geologische und der physikalische Zeitbegriff sind nicht identisch und es frägt sich überhaupt, ob sie vergleichbar sind.

Doch kehren wir nun zum Grundgesetz der Lagerung zurück, bei dem wir bisher einen wichtigen Punkt übergangen haben — die ursprünglich horizontale Lagerung der Schichten. Wenn wir diesen Satz als Axiom gelten lassen, was ganz allgemein zulässig ist, so müssen wir annehmen, daß Abweichungen von der horizontalen Lagerung später, durch Verstellung oder Verbiegung der Schichten, hervorgebracht wurden, und zwar muß diese Verstellung oder Verbiegung, kurz gesagt, die Gebirgsbildung, *nach* Ablagerung derjenigen Schicht stattgefunden haben, welche als letzte nach oben (*c* in Fig. 3) an der Verstellung teilnimmt. Hier schließt die Lehre von der Gebirgsbildung an das Zeitproblem an. Ist aber, nach erfolgter Verstellung einer Schichtenfolge *a-b-c* und nach Einebnung der verbogenen Schichtfolge durch die abtragende Wirkung der Flüsse und des Meeres die Ablagerung weitergegangen, so werden sich die jüngeren Schichten *d-f-g* wieder horizontal auf die verbogenen und eingeeb-

neten Schichten *a-b-c* auflagern (Fig. 3). Zwischen beiden Schichtpaketen — dem verbogenen und dem horizontalen, besteht dann eine mehr oder weniger ebene Diskontinuitätsfläche — die *Diskordanz*, welche eben die erfolgte Gebirgsbildung anzeigt. Zeitlich fällt dann Faltung und Einebnung zwischen *c* und *d*. Mit diesem einfachen Gedankengang können wir die Gebirgsbildung in die geologische Zeitfolge einordnen.

Fig. 3. Profil einer Diskordanz. Die Schichten *a-b-c* sind verbogen, verbrochen und zum Teil abgetragen, ehe die horizontalen Schichten *d-e-f* abgelagert wurden. Die Gebirgsbildung ist jünger als *c*, aber älter als *d*. *x - - x* ist die Diskordanzfläche.

Alle Abweichungen vom Grundgesetz der Lagerung, d. h.

1. Geneigte und vertikale Schichtfolge;
2. Überlagerung nachweislich jüngerer Schichten durch ältere;
3. Neben- oder Übereinander nicht zusammengehöriger Facies,

haben wir auf Konto der Gebirgsbildung, d. h. nachträglicher Veränderung nach der Bildung der beteiligten Schichten zu setzen. Ihr Zeitpunkt ist durch die nächstfolgende, nicht mehr bewegte Schichtgruppe bestimmt.

Das Lagerungsgesetz der interkrustalen Gesteine.

Das im vorhergehenden erläuterte Grundgesetz kann, wie ja eine kurze Überlegung zeigt, für interkrustale Gesteine nicht gelten, denn ihr Name zeigt schon, daß sie von der Kruste überlagert werden, daß also diese zwar das obere, aber nicht das unbedingt jüngere Element darstellt. Ebenso wenig gilt für diese Gesteine das Gesetz von der Horizontalität der gebildeten Massen, einfach deshalb, weil ja die Tiefengesteine von unten nach oben, also *entgegen* dem Gravitationsprinzip aufsteigen, also in schon gebildete Gesteine eindringen. Die Abweichung von der Horizontalen, welche für die superkrustalen Gesteine eine sekundär entstandene Ausnahme darstellt, ist für die interkrustalen Gesteine eigentlich die primäre Regel; ihre Lagerung zur Umgebung ist vorwiegend diskordant, ja, sie ist oft durchgreifend, indem sie in den normalen parallelen Verband der superkrustalen Gesteine eindringen (vgl. Fig. 4).

Die Unterscheidung von oben und unten ist also hier für die zeitliche Folge nicht maßgebend, wohl aber eine andere Folgerung aus dem eben Gesagten. Die Tiefengesteine waren ja ursprünglich flüssige, zum Teil sogar gasförmige Schmelzen, die eben aus diesem Grunde die Möglichkeit hatten, in Fugen, Spalten und Hohlräume anderer Gesteine einzudringen und erst nach dem Eindringen erstarrten. Wir können also sagen (Fig. 4): ein Gestein *x*, welches ein Gestein *a-b-c* durchsetzt, ist jünger als dieses. Ein weiterer Anhaltspunkt ergibt sich daraus, daß das durchsetzende Gestein *x* infolge seiner zunächst höheren Temperatur, das Gestein *a-b-c* verändern kann (Metamorphose am Kontakt), wodurch auch die untere Zeitgrenze gegeben ist. Die obere Zeitgrenze ist schwerer festzustellen. Mit Sicherheit ergibt sie sich erst dann, wenn das eingedrungene Gestein *x* durch Hebung und Abtragung des ganzen Gebietes an die Oberfläche gekommen ist und wenn Stücke davon in einem jüngeren superkrustalen Gestein *d* gefunden wurden; dann ist natürlich *x* älter als *d*. Mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit ergibt sich diese obere Grenze aber auch dann, wenn das Gestein *x* von dem Gestein *d* überlagert wird, an diesem aber keine Veränderungen hervorgerufen hat. Dann können wir schließen, daß *x* schon erkaltet war, als *d* abgelagert wurde. Ein Gestein *y* ist ferner jünger als *x*, wenn es *x* durchsetzt, und jünger als ein auflagerndes Gestein *e-f*, wenn es an diesem Veränderungen hervorgebracht hat.

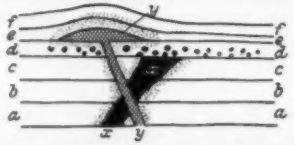


Fig. 4. Durchgreifende Lagerung von Eruptivgesteinen; punktiert: Veränderungen durch Hitze an den Berührungsstellen (Kontakt). Das Gestein *x* ist jünger, als *a-b-c*, da es diese Schichten durchbricht, aber älter als *d*, da *d* Bruchstücke von *x* enthält. Das Gestein *y* ist jünger als *x*, da es *x* und die Schicht *d* durchbricht. Es ist aber auch jünger als *e* und *f*, da es beide verändert und aufwölbt.

Für die andere große Gruppe der interkrustalen Gesteine — die krystallinen Schiefer, ergeben sich manche Abweichungen, die darin wurzeln, daß die krystallinen Schiefer Merkmale der superkrustalen und interkrustalen Gesteine vereinigen. Es würde hier zu weit führen, das auseinander zu setzen; ich komme in einem der nächsten Aufsätze darauf noch eingehend zu sprechen.

Das geologische Denken.

Ich glaube, daß die vorhergehende Auseinandersetzung, so selbstverständlich sie auch Manchem erscheinen mag, doch nützlich ist, weil sie die Grundprinzipien des geologischen Denkens enthüllt und zugleich die Unterschiede gegenüber der Denkungsweise der anderen Naturwissenschaften, insbesondere der „exakten", aufzeigt. Der Geologe kann und muß historisch denken, weil er nicht einen Experimentalprozeß beobachtet, sondern ein von der Natur in undenklichen Zeiträumen zum Abschluß gebrachtes Experiment erst rekonstruieren muß. Darin liegt ein Nachteil und ein Vorteil. Der Nachteil besteht darin, daß er den Prozeß, den er rekonstruiert, nur selten beobachten kann; der Vorteil ist darin zu suchen, daß die Größenordnung seiner Experimente nach Raum und Zeit um ein

Vielfaches größer ist, als die jedes Laboratoriumsexperimentes. Daher kann die Geologie kaum je „exakt" sein in dem Sinne, daß sie ihre Ergebnisse durch reine Formeln im cgs- (centimeter-grammsekunde) System ausdrückt. Ihr Wirklichkeitsgehalt ist aber darum kaum geringer, ebenso wie ein Bild nicht geringeren Wirklichkeitsgehalt zu haben braucht, als eine Photographie; dieser Vergleich stimmt auch insofern, als eben die Photographie nur einen Moment wiedergeben kann, während das Bild einen gewissen inneren Gehalt, der nur in der Zeitfolge wurzelt, zu erfassen bestrebt ist.

Das Werden der Erde in Formeln kann die Geologie nicht geben. Wir haben ja schon gesehen, daß der Zeitbegriff, biologisch orientiert, mit dem physikalischen Zeitbegriff nicht übereinstimmt. Aber selbt in dem Falle, daß wir zu einer absoluten Zeitbestimmung kämen (etwa durch Untersuchung der Zerfallsgeschwindigkeit der in den einzelnen Schichten enthaltenen radioaktiven Substanzen), wäre dieses Resultat nur bedingt verwendungsfähig. Die Gültigkeit des Zeitmaßes ist ja abhängig von der Umdrehung der Erde und von ihrem Lauf um die Sonne. Beide Faktoren sind nicht absolut, sondern im Laufe der geologischen Zeitfolge wandlungsfähig. Dasselbe gilt auch für die anderen Maßeinheiten. Das Gravitationsfeld der Erde und ihr Durchmesser können und werden im Laufe ihrer Entwicklung Wandlungen erlitten haben. Das bringt Verschiebungen der Maßstäbe mit sich, die man nicht ohne weiteres als belanglos abtun kann. Es kommt hinzu, daß Vorgänge in der Größenordnung des Erdgeschehens mit einer ganz anderen Beschaffenheit des Materials rechnen müssen, als Vorgänge im Laboratorium. Man hat von „säkularplastischen" Stoffen gesprochen, d. h. von solchen, die bei normalen Verhältnissen hart wie Stahl sind, bei sehr hohem Druck innerhalb von Jahrtausenden aber plastisch wie Wachs reagieren. Das ist sicher für viele unserer Gesteine gültig. LUKASCHEWITSCH hat einmal den richtigen Satz geprägt, daß bei den Vorgängen der Gebirgsbildung die „molaren" Kräfte (Massenanziehung usw.) über die molekularen Kräfte (Kohäsion usw.) überwiegen.

Diese Überlegungen machen den Geologen gegenüber dem Laboratoriumsexperiment skeptisch; ohne seine Nützlichkeit, ja Notwendigkeit in einigen Fällen zu bestreiten, wird er stets der aus unmittelbarer Naturbeobachtung gewonnenen Schlußkette den Vorzug geben. Zweifellos ist dabei der Phantasie gelegentlich die Tür geöffnet; aber gilt das nicht überall dort, wo man von der unmittelbaren Beobachtung zu nicht beobachteten Abstraktionen übergeht? Der logischen Kette kann keine Naturwissenschaft entraten, auch wenn sie sich der möglichen Fehler bewußt ist. Diese zu eliminieren, braucht es stets einer besonderen Methode, die in jeder Wissenschaft verschieden ist.

Die Grundlagen des logischen Denkens für die Geologie habe ich im vorhergehenden zu schildern versucht. Die Anwendung in Raum und Zeit sei späteren Aufsätzen vorbehalten.

Zuschriften.

Der Herausgeber bittet, die *Zuschriften* auf einen Umfang von *höchstens* einer Druckspalte zu beschränken, bei längeren Mitteilungen muß der Verfasser mit Ablehnung oder mit Veröffentlichung nach längerer Zeit rechnen.

Für die Zuschriften hält sich der Herausgeber nicht für verantwortlich.

Vorläufige Versuche zur Erzielung extremer elektrischer Potentiale mittels der atmosphärischen Gewitterelektrizität.

Extrem hohe Spannungen sind atomphysikalisch von Wichtigkeit, da sie uns gestatten würden, äußerst schnelle Corpuscularstrahlen zu erzeugen und damit die Möglichkeit zu schaffen, Experimente wie die Atomzertrümmerungsversuche von RUTHERFORD in wesentlich größerem Maßstabe anzustellen. Denn erst die α-Strahlung von 100 kg Radium würde einem Kanalstrahlenbündel von einem Milliamp. und entsprechender Spannung ungefähr äquivalent sein. Obwohl es vielleicht möglich wäre, mit großen Mitteln die in der üblichen Weise durch Transformatoren in Kaskadenschaltung erreichten Spannungen von 1,5—2 Millionen Volt noch zu übertreffen, wachsen die Schwierigkeiten oberhalb dieser Grenze ganz unverhältnismäßig stark an.

Wir haben daher einen anderen Weg eingeschlagen, um extrem hohe elektrische Potentiale zu erreichen. Auf die Versuche von FRANCLIN zurückgreifend, haben wir versucht, die bei Gewittern auftretenden starken Felder für diesen Zweck zu benutzen.

Die Versuche wurden auf dem Monte Generoso bei Lugano im Sommer des vergangenen Jahres vorgenommen. Dieser Berg erwies sich wegen seiner Gewitterhäufigkeit und seiner guten Transportverhältnisse als besonders geeignet.

Das normale luftelektrische Feld der Erde, das im Durchschnitt etwa 200 V/m beträgt, erfährt bei Gewittern eine Erhöhung bis auf einige hundert kV/m. Schon in 100 m über dem Boden besteht demnach ein Potential von etwa 5—30 Millionen V gegen Erde. An Bergspitzen, wo sich die Kraftlinien zusammendrängen, liegen die Verhältnisse noch günstiger.

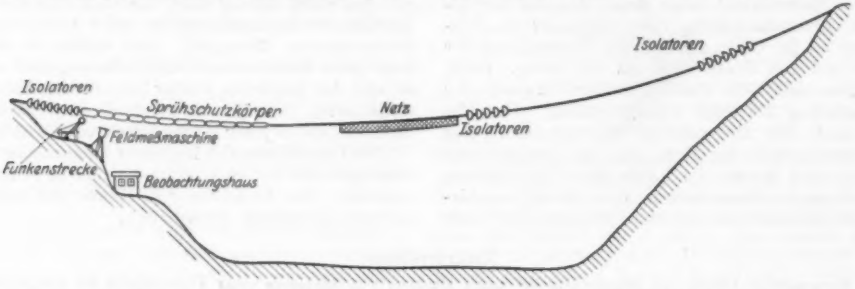
Zum Sammeln der Ladungen ist eine Ionenquelle erforderlich, die in möglichst großem Abstande vom Boden gehalten werden muß. Wir benutzten dafür ein mit Spitzen versehenes, weitmaschiges Drahtnetz, dessen Fläche zur Erzielung großer Stromstärken mehrere hundert Quadratmeter betrug. Eine Befestigung des Netzes an Drachen oder Ballons kam nicht in Betracht, weil gerade solche Hilfsmittel den Gewitterböen und Wirbeln in einer Weise preisgegeben sind, die ein sicheres Arbeiten damit unmöglich machen und den Beobachter stark gefährden. Wir wählten daher eine feste Aufhängung des Netzes an einem Trägerseil, das wie eine Antenne zwischen zwei Bergspitzen über das dazwischenliegende Tal frei verspannt war (Fig. 1). Die Länge der Verspannung war 760 m, die Höhe des in der Mitte befestigten Netzes 80 m. Das Seil war an den Endpunkten durch Ketten von Steatit-Motorisolatoren gegen 2,5—3 Millionen V Gleichstrom isoliert. Der Motorisolatorentyp war für unsere Zwecke besonders geeignet, da er auch bei starker mechanischer Belastung durchschlagsicher ist und große Kriechwege

besitzt. Um Bildung von zusammenhängenden Flüssigkeitsschichten zu vermeiden, wurden alle Isolatoren paraffiniert. An jeder Seite der Anlage waren rund 30 Isolatoren eingebaut. Die eine Seilhälfte diente gleichzeitig als Ableitung, um die vom Netz aufgenommenen elektrischen Ladungen der Meßapparatur zuzuführen. Die Meßapparatur stand unterhalb der Stelle, an der die Zuleitung die geringste Entfernung vom Boden hatte.

Es gelang, Energieverluste weitgehend zu vermeiden. Durch Verwendung der langen Isolatorenketten von sehr hohem Oberflächenwiderstand wurden Isolationsverluste praktisch unschädlich gemacht. Um Coronabildungen (Sprühungen) an der vom Netz zur Meßapparatur führenden Leitung zu unterdrücken, mußte der Krümmungsradius dieser Leitung möglichst groß gehalten werden, denn die Intensität der Sprühungen nimmt mit wachsendem Krümmungsradius des Leiters ab. Da die technischen Hohlseilkonstruktionen wegen des weitaus zu geringen Durchmessers nicht in Betracht kamen, gingen wir zu einer anderen Konstruktion über. Wir umgaben das Leiterseil mit kantenlosen, dünnwandigen metallischen Hohlkörpern, die, sich dicht aneinander schließend, perlschnurartig auf dem Seil aufgereiht waren. Diese Anordnung verging die Hauptgewitterperiode ungenutzt vorüber, und über die betriebsfertige Anlage zog in der Zeit unseres Aufenthaltes nur noch ein Gewitter, dem wir aber bereits die wesentlichsten Ergebnisse verdanken.

Dabei zeigte es sich, daß die Feldmeßmaschine in der benutzten Ausführungsform infolge der durch Sprühungen gebildeten Ionenwolken ganz entstellte Ergebnisse lieferte. Wir mußten uns daher auf Messungen mit der Funkenstrecke beschränken.

Die maximale Öffnungsweite der Funkenstrecke war 4,5 m. Diese Strecke wurde leicht überschlagen. Die Funkenfolge betrug beim Höhepunkt des Gewitters etwa 1 pro sek. und blieb während 30 Minuten bemerkenswert konstant. Wie uns Erfahrungen an einer Hilfsantenne und bei Ferngewittern auch bei der großen Anlage gezeigt hatten, war es bei einer so raschen Funkenfolge immer möglich, die Funkenstrecke auf etwa den doppelten Betrag zu erweitern, bis man an die Grenze kam, an der noch Überschläge erfolgten. Da es während des Gewitters jedoch nicht möglich war die Öffnungsweite der Funkenstrecke zu vergrößern, können wir als gemessene Minimalspannung nur 1,7 Millionen V angeben, die einer Schlagweite von 4,5 m zwischen reinen Spitzen entsprechen.



hält sich bei großer Beweglichkeit wie ein ununterbrochenes, das Seil umgebendes Rohr, und erlaubt es, sich den verschiedenen, längs der Zuführungsleitung auftretenden Feldstärken durch Veränderung des Durchmessers der Körper anzupassen. Wir schützten auf diese Weise ein Leitungsstück von 150 m Länge, indem wir beginnend mit einem Durchmesser von 5 cm allmählich zu einem Durchmesser von 75 cm übergingen.

Zur Bestimmung der Spannung wurde ein von MATTHIAS-SCHWENKHAGEN angegebenes statisches Meßinstrument benutzt. Außerdem ließ sich aus der Schlagweite einer Funkenstrecke der jeweilige Minimalwert der Spannung angeben.

Die Feldmeßmaschine mißt elektrische Feldstärken dadurch, daß das Feld auf einem geerdeten Leiter eine Ladung influenziert, die nach Eintreten des Leiters in einen feldfreien Raum über ein Galvanometer zur Erde abfließt. Sie war ungefähr 10 m unterhalb der letzten großen Sprühschutzkörper aufgestellt. Eine Galvanometerleitung führte zu dem in der Nähe befindlichen, blitzsicheren Metallhaus. Von dort aus wurden sämtliche Beobachtungen vorgenommen und die neben der Feldmeßmaschine befindliche Funkenstrecke reguliert. Die Funkenstrecke bestand aus einem schwenkbaren Hebel, dessen Spitze dem letzten Sprühschutzkörper genähert werden konnte.

Wegen vielfacher Schwierigkeiten erfolgte die Fertigstellung der Anlage erst Ende August. Daher

Zusammenfassend läßt sich jetzt bereits auf Grund unserer Versuchsergebnisse sagen, daß es auf diesem Wege möglich ist, die technisch erreichbaren Spannungen zu übertreffen. Die von uns gebaute Verspannung kann ohne besondere Schwierigkeiten um ein Mehrfaches vergrößert werden, um damit bedeutend größere Netzhöhen zu erzielen. Wir glauben daher, daß man mittels des Gewitterfeldes zu den höchsten Spannungen gelangen kann, die überhaupt erreichbar sein werden. Die Versuche werden in diesem Jahre mit einer vergrößerten und wesentlich verbesserten Anlage fortgesetzt. Parallel dazu sind Versuche im Gange, Entladungsrohre für extreme Hochspannung durchschlagsicher zu machen. Solche Versuche sind deshalb nicht unwesentlich erleichtert, weil wir hier mit reinem Gleichstrom arbeiten können, wobei alle schädlichen Umladungserscheinungen fortfallen.

Die Arbeit wurde mit Mitteln der Notgemeinschaft der deutschen Wissenschaft ausgeführt. Die Firma Brown, Boveri & Cie. A.-G., Mannheim, übernahm in liebenswürdigster Weise die Bauleitung und stellte in Gemeinschaft mit der Steatit-Magnesia-G. m. b. H., Holenbrunn und der A.-G. für Seilindustrie, Mannheim Neckarau, den größten Teil des Bau- und Montagematerials kostenlos zur Verfügung.

Berlin, Physikalisches Institut der Universität, im Januar 1928.

A. BRASCH, F. LANGE, C. URBAN.

Besprechungen.

MOULTON, F. R., **Einführung in die Himmelsmechanik.** Autorisierte deutsche Ausgabe von WALTER FENDER. Leipzig: B. G. Teubner 1927. XIII, 412 S. und 62 Abb. 16 × 23 cm. Preis RM 20.—.

Der TEUBNERsche Verlag hat es für zweckmäßig gehalten, eine deutsche Ausgabe des angesehenen MOULTONschen Werkes „An Introduction to celestial Mechanics" (erste Auflage 1902, zweite 1914) zu veranstalten. Die Verbreitung dieses Werkes und dessen Übersetzung in fremde Sprachen ist auch nach der Ansicht des Unterzeichneten mit Freude zu begrüßen, wenn die Aufgabe einem Manne anvertraut wird, der imstande ist, dem MOULTONschen Werke gerecht zu werden und für notwendige Verbesserungen und für eine der Entwicklung seit 1914 entsprechende Erweiterung zu sorgen. Es muß leider gleich gesagt werden, daß der Verlag den richtigen Mann nicht gefunden hat. Dr. FENDER ist wohl Mathematiker; in astronomischen Kreisen ist sein Name nicht bekannt, und er zeigt auf beinahe jeder Seite des vorliegenden Buches, daß er eine Aufgabe übernommen hat, der er nicht gewachsen war. Das Werk von MOULTON hat in den vergangenen Jahren sehr gute Dienste getan. Im Jahre 1902 war es im großen ganzen eine mustergültige Einführung in die Elemente der Himmelsmechanik. Vielleicht etwas zu sehr mathematisch und etwas weniger astronomisch — dessen war sich der Verfasser aber sehr wohl bewußt. Er hat eben mehr Interesse für die mathematische Seite der Probleme und weniger Kontakt mit der astronomischen, rechnerischen. Wenn z. B. das Kapitel über Bahnbestimmung überwiegend von mathematischen Gesichtspunkten aus geschrieben, und zur Einführung in die Praxis des Bahnbestimmungsproblemes weniger geeignet war, so lag das durchaus in den Absichten des Verfassers. Dagegen ist nichts zu sagen. Und das Werk ist sehr viel benutzt worden — hier in Kopenhagen war es z. B. im Universitätsstudium immer das grundlegende Werk.

Natürlich gab es in dem MOULTONschen Werke Fehler. Besonders in der ersten Ausgabe eines von vielen Gesichtspunkten aus neuartigen Werkes ist dies wohl unvermeidlich. Vielleicht kann man sagen, Prof. MOULTON hätte bei der zweiten Ausgabe etwas mehr darauf bedacht sein sollen, die Fehler der ersten Ausgabe auszumerzen. So sieht es z. B. nicht gut aus, wenn noch in der zweiten Ausgabe auf verschiedenen Seiten desselben Werkes ganz verschiedene Werte für die Periode der langperiodischen Störungen zwischen Jupiter und Saturn gegeben werden (S. 362 und 417 der zweiten amerikanischen Ausgabe). Auch wird man stutzig, wenn man in der zweiten Auflage die Angabe aus der ersten übernommen sieht, daß TYCHO BRAHE ein Norweger war. Das aber so etwas auch glatt durch die Hände des Übersetzers geht, der doch jeden Satz studiert und geprüft haben muß, ist erstaunlich. In der deutschen Ausgabe wird alles noch viel schlimmer! Sachlich ist die Übersetzung überhaupt als ein reiner Abklatsch zu betrachten. Es ist z. B. nicht leicht, zu verstehen, daß ein Mann, der sich getraut, ein astronomisches Werk herauszugeben, den folgenden Satz eines Buches aus dem Jahre 1914 ohne weiteres herunterschluckt (S. 79 der deutschen Ausgabe): „Die KEPLERschen Gesetze gelten aber für alle acht Planeten und die 26 bekannten Satelliten des Sonnensystems, außerdem für mehr als 700 kleine Planeten, die bisher entdeckt wurden." Satelliten kennen wir jetzt (1927) 27 — das war nun nicht so schlimm — aber von kleinen Planeten haben wir zur Zeit weit über 1000 numerierte (und noch dazu eine beträchtliche Anzahl nichtnumerierte). Der Übersetzer hätte ebensogut sagen können, daß wir jetzt mehr als 20 kleine Planeten kennen. Daß die zwei verschiedenen Werte der Perioden der oben erwähnten Störungen in der Bewegung der Planeten Jupiter und Saturn ohne weiteres wieder abgedruckt sind, kommt hiernach beinahe als selbstverständlich vor; aber ich muß sagen, daß, wenn man einem Kollegen in Chicago verzeihen kann, daß er bei Erwähnung von TYCHO BRAHE Dänemark und Norwegen verwechselt, es doch anders ist, wenn man in Leipzig, wo der junge Däne TYCHO BRAHE beinahe seine astronomische Laufbahn angefangen hat, denselben Fehler begeht.

Die Übersetzung zeugt wiederholt davon, daß Dr. FENDER nicht mit dem astronomischen Sprachgebrauch vertraut ist. Ein Beispiel (S. 225): „Die Quotienten der Dreiecksinhalte." Der Astronom stutzt. Was ist das? In der astronomischen Literatur heißt es: „Verhältnisse der Dreiecksflächen." Das ist der technische Ausdruck in der Theorie der Bahnbestimmung und wird es voraussichtlich immer bleiben.

Das alles ist nicht gut, aber man könnte es vielleicht hinnehmen. Ganz unmöglich ist es aber, wenn der Übersetzer nicht den geringsten Versuch macht, in fundamentalen Problemen das Werk einigermaßen up to date zu bringen. Ein Hauptthema in dem MOULTONschen Werke ist das Problème restreint. Von der Entwicklung dieses Problemes seit 1914 ahnt der Übersetzer nichts! Dies ist nur ein einziges Beispiel, auf einem Gebiete, das dem Unterzeichneten besonders naheliegt; ich habe aber überhaupt auf keinem einzigen Gebiete eine Stelle gefunden, wo der Übersetzer die geringste Andeutung von der seit 1914 erschienenen Literatur gegeben hätte.

Und ist es überhaupt irgendwo in der deutschen Ausgabe angedeutet worden, daß das Originalwerk aus dem Jahre 1902, bzw. 1914 stammt? Ich habe eine solche Andeutung nirgends finden können. Unter diesen Umständen muß es geradezu befremden, daß die zwei Vorworte der amerikanischen Ausgaben wörtlich übersetzt sind, ***die Datierung dieser zwei Vorworte (1902 bzw. 1914) aber einfach weggelassen ist.*** Das sieht kaum wie eine bloße Fahrlässigkeit aus.

Alles in allem: das MOULTONsche Originalwerk war für das Jahr 1902 ausgezeichnet, für das Jahr 1914 sehr gut, obschon es anfing etwas veraltet zu werden. Die Übersetzung ist nicht gut. Trotzdem kann die deutsche Ausgabe benutzt werden, aber nur, wenn dem Leser klargemacht wird, daß es ein jetzt veraltetes Werk ist. Dem Verleger muß gesagt werden, daß es keine dankbare Aufgabe ist, ältere Werke herauszugeben auf Gebieten, die noch in der Entwicklung begriffen sind, wenn man nicht dafür sorgt, daß sie up to date geführt werden, und — last, not least — daß nicht jeder Mathematiker die genügenden Voraussetzungen hat, um Werke über Himmelsmechanik herauszugeben.

ELIS STRÖMGREN, Kopenhagen.

STRÖMGREN, ELIS, und BENGT STRÖMGREN, **Zweite Sammlung astronomischer Miniaturen.** Berlin: Julius Springer 1927. IV, 154 S., 41 Abb., 2 Stereoskopbilder und 1 Tafel. 14×22 cm. Preis RM 6.60.

Dieses von LISA KRÜGER ins Deutsche übertragene Büchlein bildet die Fortsetzung der im Jahre 1921 aus der Feder des ersten Verfassers erschienen und vom Fach- und Laienpublikum gleichermaßen freudig be-

grüßten und geschätzten Buches „Astronomische Miniaturen"[1]. Wie jene will das Büchlein kein Lehrbuch sein und keine kurzgefaßte Popularastronomie. Es behandelt vielmehr in leichtverständlichem, fesselndem Plauderton, der sich an einen sehr weiten Leserkreis wendet, in 11 Kapiteln, die in keinem unmittelbaren Zusammenhang miteinander stehen, die verschiedensten astronomischen Aufgaben und Probleme. Meisterhaft ist besonders die Art, wie ELIS STRÖMGREN, selber ein führender Fachmann im Gebiete theoretischer Astronomie, in einigen dieser kleinen Skizzen die schwierigsten Gebiete der Himmelsmechanik erörtert und dabei einen so geringen mathematischen Apparat benutzt, daß ihm, wie wir glauben, wohl ziemlich alle interessierten Leser dieser Aufsätze zu folgen vermögen. Oder, um an ein Zitat seines Vorwortes anzuknüpfen, wir glauben nicht, daß die gebotenen Mandeln zu hart seien für solche, die ungewohnt mathematischen Denkens doch diesem so überaus fesselndem Gebiete ihr Interesse widmen möchten. Und allen solchen sei das Büchlein wärmstens empfohlen.

Während das erste Kapitel das Wunder von Jena behandelt, das von dem Verfasser in seiner kulturellen Bedeutung so hoch eingeschätzte Zeiß-Planetarium, gibt das zweite Kapitel eine knappe Übersicht über das Zweikörperproblem und läßt den Leser auf wenigen Seiten Einblick gewinnen in die Gedankengänge, die den Astronomen zur rechnerischen Beherrschung der Bewegungen der Himmelskörper um eine Zentralmasse führen. Nimmt man zu diesem Kapitel noch das sechste und siebente, die über die Störungen der Bewegungen der Himmelskörper und von „Reiserouten im Weltraum" handeln, so gewinnt man einen Einblick in eine Fülle von Hauptproblemen der theoretischen Astronomie, wie man sie in so knapper und verständlicher Art kaum irgendwo anders finden wird. Es sei besonders hervorgehoben, wie meisterhaft der Verfasser es versteht, nicht nur die Aufgaben und Probleme aufzuzeigen und zu beschreiben, sondern wie er unter Verzicht auf fast jeden mathematischen Ballast den Leser populär in die wesentlichsten Gedankengänge anschaulich hineinzuführen weiß; ein hervorragendes Talent und ein Vorbild populärer Darstellungsgabe, die schon dem ersten Teile der Astronomischen Miniaturen so viel Anerkennung einbrachte. Das erwähnte siebente Kapitel verdient besonders Beachtung, denn es behandelt des ersten Verfassers spezielles und mit so großem Erfolge angegriffenes Arbeitsgebiet, das Dreikörperproblem. Dieses so außerordentlich interessante Gebiet feinster mathematischer Analyse und experimenteller Mathematik — wie man sagen kann — wird durch die dem Büchlein beigegebene Tafel mit ihren zahlreichen Zeichnungen wirksam erläutert.

Andere Kapitel behandeln Massenbestimmung von Doppelsternen und die Bewegungsmöglichkeiten von Sternen in kugelförmigen Sternhaufen.

Über ein interessantes und aktuelles Thema plaudert BENGT STRÖMGREN, der Sohn des erstgenannten Verfassers, im vierten Kapitel. Er schildert anschaulich die Aufgaben der Positionsbestimmung der Fixsterne und die Anforderungen, die heutzutage an die Genauigkeit der Resultate gestellt werden und geht dann auf die ganz neuartige und experimentell reizvolle Methode der Durchgangsbestimmung der Fixsterne mittels Photozelle und Verstärkeranordnung zum Selbstregistrieren ein, also ein Beobachten ohne Beobachter. Wie weit man aber die Beobachtungsgenauigkeit auch ohne alle raffinierte technische Hilfsmittel treiben kann, nur mittels eines in früheren Zeiten benutzten Gnomons oder gar nur mit einem „Faber-Bleistift Nr. 2", zeigt ein wohl nicht zufällig diesem Abschnitte folgendes Kapitel.

Auch der modernen Astrophysik sind zwei Kapitel gewidmet, ebenfalls von BENGT STRÖMGREN, „Das Licht als Energieform" und der „Bau der Sterne", letzteres anknüpfend an die so viele neue Probleme aufgebenden Arbeiten EDDINGTONS.

Mit einer Erinnerung an eine Amerikareise des ersten Verfassers, mit einem Worte über amerikanische Astronomen schließt das Büchlein und bringt dem Lesern in Erinnerung, daß ELIS STRÖMGREN als einer der führenden Wissenschaftler tatkräftig tätig ist für die Internationalisierung seiner wahrhaft internationalen Wissenschaft und für die gemeinsame wissenschaftliche Zusammenarbeit der Völker.

Einige kleine stilistische Korrekturen in der deutschen Übertragung sollten bei einer späteren Neuauflage noch angebracht werden.

H. v. KLÜBER, Berlin-Potsdam.

Collected papers of Sir James Dewar. Edited by Lady Dewar (with assistance of Hamilton Dixon, Munro Roß, Scott Dixon). 2 Volumes. Cambrigde: University Press 1927. XXII, 1489 S. 17×26 cm. Preis 84 sh.

Der ungemein rasche Fortschritt der Naturwissenschaften während der letzten Dezennien bringt es mit sich, daß die einzelnen Forscher fast nur das Gegenwärtige aufzunehmen vermögen, und daß daher für die Jüngeren unter ihnen vieles, was auch nur verhältnismäßig kurze Zeit zurückliegt, rasch in Vergessenheit versinkt oder ihnen sogar von vornherein völlig unbekannt bleibt. Nur die Leistungen einzelner Heroen, die das Fundament unseres heutigen Wissens und Könnens geschaffen haben, bilden eine Ausnahme.

So kommt es, daß auch die Lebensarbeit und wissenschaftliche Persönlichkeit Sir JAMES DEWARS sich der Mehrzahl der heutigen jüngeren Fachgenossen im großen ganzen fremd ist, obgleich er erst vor wenigen Jahren (1923) von uns gegangen ist. Man kennt ihn allgemein als den Entdecker der für das Experimentieren mit verflüssigten Gasen so ungemein wichtigen Vakuummantelgefäße; man weiß ferner, daß er sich als einer der ersten mit der Adsorption von Gasen durch Holzkohle befaßt und gezeigt hat, wie man diese Erscheinung benutzen kann zur Herstellung ausgezeichneter Vakua; allenfalls kennt man noch einzelne Messungsergebnisse über Verdampfungswärmen verflüssigter Gase und spezifische Wärmen bei tiefen Temperaturen. Um so mehr ist man überrascht, wenn man jetzt in die Lage versetzt wird, das gesamte Lebenswerk dieses Mannes, das in Gestalt zweier stattlicher Bände vor uns liegt, als Ganzes zu überblicken.

Die Reichhaltigkeit seines Schaffens ist überwältigend; es ist kaum möglich, von ihr ein richtiges Bild zu entwerfen, wollte man nicht die Überschriften sämtlicher (insgesamt 265) Abhandlungen aufzählen. (Freilich befindet sich hierunter auch eine Anzahl Vorträge, von denen zum Teil nur die Titel angeführt sind.)

DEWAR beginnt seine wissenschaftliche Tätigkeit (1867) mit rein chemischen Untersuchungen (sein eigentlicher Lehrer auf diesem Gebiete war LYON PLAYFAIR; später arbeitete er eine zeitlang in Gent, unter KEKULÉ, gemeinsam mit KÖRNER), doch bereits nach einigen Jahren (1872) wendet er sich Problemen der Wärmelehre zu (spezifische Wärme von Gasen usw.), fast gleichzeitig aber treten Untersuchungen über die physiologische Wirkung des Lichtes in den Vordergrund, zu denen er anscheinend in erster Linie durch

[1] Naturwissenschaften 1922, H. 32, S. 691.

Mc KENDRICK angeregt war. Im Anschluß hieran veröffentlicht er spektroskopische Arbeiten, von denen sich eine ganze Serie mit der Umkehr der Spektrallinien in Metalldämpfen befaßt. Um etwa die gleiche Zeit erwacht in ihm das Interesse an dem Problem der Verflüssigung der permanenten Gase und an ihren physikalischen Eigenschaften (die erste Abhandlung hierüber, deren Inhalt allerdings historischer Natur ist, wird 1878 veröffentlicht), doch behalten die Arbeiten spektroskopischen Inhaltes zunächst noch entschieden das Übergewicht. Erst in den Jahren 1892 bis 1894 wendet er sich vorwiegend Messungen bei tiefen Temperaturen zu und beginnt mit der Erforschung einer Reihe physikalischer (insbesondere magnetischer und elektrischer) Eigenschaften der Materie in diesem Gebiete. Aus dem Jahre 1898 stammt die erste Untersuchung mit flüssigem Wasserstoff, an die sich in den beiden folgenden Dezennien noch eine ganze Reihe weiterer Arbeiten anschließt. Aber noch im Jahre 1916 wendet sich ein großer Teil seines Interesses einem neueren Gebiet, dem der Kapillarität, zu, mit der er sich allerdings auch schon früher gelegentlich beschäftigt hatte.

Wie bereits betont, vermag diese gedrängte Aufzählung von der Reichhaltigkeit und Vielseitigkeit seines Schaffens nur ein unvollkommenes Bild zu gewähren. Bemerkenswert ist vor allem, daß ihn niemals die ausschließliche Beschäftigung mit einem einzigen Arbeitsgebiet befriedigt; in fast jeder Epoche seines Lebens erscheinen Abhandlungen, die an frühere Arbeiten anknüpfen oder auf zukünftige vorbereiten. Z. B. begegnet man noch in den Jahren 1907 bis 1910 einigen rein chemischen Arbeiten (vorwiegend über Metallkarbonyle).

Aber damit ist der Reichtum noch keineswegs erschöpft. Überall finden sich eingestreut kleinere Abhandlungen und Notizen über zum Teil völlig abseits liegende Probleme aus dem Gebiete der Radioaktivität, der kosmischen Physik, der Biologie usw. Als Beispiel hierfür seien nur erwähnt einige mit MACFAYDEN und S. ROWLAND ausgeführte Arbeiten über den Einfluß sehr tiefer Temperaturen auf die Lebensfähigkeit von Bakterien, deren Ergebnis dann ARRHENIUS zu seiner bekannten Hypothese über den kosmischen Ursprung der irdischen Lebewesen veranlaßte.

Eine bemerkenswerte, überragende Persönlichkeit ist es, die sich in diesem Lebenswerk widerspiegelt. Ohne weiteres ist es hiernach verständlich, daß er auf diejenigen, die mit ihm in unmittelbare Fühlung traten, und Gelegenheit hatten, namentlich seine glänzenden Experimentalvorträge zu hören, den stärksten Eindruck hinterlassen mußte.

Um so mehr mag es erstaunlich erscheinen, daß die Wirkungen seines Werkes, als Ganzes betrachtet, bereits heute nicht mehr so stark fühlbar sind, wie es die Größe der Leistung offenbar verdient. Zweifellos liegt hierin eine gewisse Tragik — es ist wahrscheinlich, daß er selbst bisweilen etwas Ähnliches empfunden hat — und es ist vielleicht nicht ohne Interesse, zu versuchen an Hand eines konkreten Problems, den Gründen nachzugehen, weshalb ihm ein wirklicher, nachhaltiger Erfolg versagt blieb.

Bereits im Jahre 1904 wandte er sich der experimentellen Bestimmung spezifischer Wärmen bei tiefen Temperaturen zu, also zu einem Zeitpunkte, bevor das Problem durch die Aufstellung des NERNSTschen Wärmetheorems (1906) aktuelles Interesse weiterer Kreise gewonnen hatte. Auf Grund seiner Erfahrungen bot sich ihm hier eine günstige Gelegenheit, entscheidend einzugreifen, und das zur Prüfung des Theorems erforderliche Versuchsmaterial zu schaffen. Es ist zunächst nicht recht verständlich, warum er diese Gelegenheit verstreichen ließ und auf diese Weise an NERNST selbst und seine Schüler diese überaus wichtige und dankbare Aufgabe fast restlos abtrat. Zum Teil mag der Grund hierzu darin zu suchen sein, daß er das Experiment zu sehr als Selbstzweck auffaßte und daher gegen eine von einer Theorie gestellte Aufgabe von vornherein eine gewisse Abneigung hegte, doch mag in diesem Falle die Hemmung wohl zum größeren Teil eine andere Ursache haben: Als Methode zur Messung spezifischer Wärmen hatte er bereits seit längerer Zeit das Verdampfungscalorimeter gewählt, das zwar sicherlich manche Vorteile besitzt, aber gerade den im vorliegenden Falle sehr schwerwiegenden Nachteil, daß es — wenigstens in der von ihm lange Zeit benutzten Gestalt — nur *mittlere* spezifische Wärmen liefert, und diese sogar, wie sich später herausstellte, nur mit einer recht mäßigen Genauigkeit. Anstatt sich einer anderen Methode zuzuwenden, hielt er bis zuletzt starr an dem Verdampfungscalorimeter fest; noch in einer seiner letzten Abhandlungen, die hier zum ersten Male veröffentlicht wird, als er bereits die Notwendigkeit, *wahre* spezifische Wärmen zu messen, erkannt hatte, gab er dieses Prinzip nicht völlig preis; das neue Verfahren besteht darin, daß eine bestimmte Menge eines kondensierten flüssigen Gases, in das der eigentliche Versuchskörper eingetaucht ist, durch Abpumpen adiabatisch abgekühlt wird; aus der Menge des abgepumpten Gases und seiner Verdampfungswärme ergibt sich die dem System entzogene Wärmemenge, aus der gemessenen Änderung des Dampfdruckes die Temperaturänderung. (Um die spezifische Wärme des Versuchskörpers angeben zu können, muß natürlich die Wärmekapazität des kondensierten, übrigbleibenden Gases durch einen besonderen Versuch ermittelt werden.) Aber auch diese Änderung führte, wie die große Streuung seiner Versuchsergebnisse und ihre schlechte Übereinstimmung mit den Zahlen anderer Beobachter lehrt, nicht zum Erfolge; selbst die für die spezifische Wärme der kondensierten Gase (insbesondere des flüssigen Stickstoffs) erhaltenen Daten erweisen sich als mit erheblichen Fehlern behaftet. Die speziellen Ursachen dieses Mißerfolges sind wegen der Kürze der Darstellung seiner Abhandlungen nicht in vollem Umfange erkennbar. Sie dürften vorwiegend in den unvermeidlichen Siedeverzügen zu suchen sein, welche eine wirklich exakte Bestimmung der verdampften Flüssigkeitsmenge außerordentlich erschwerten. Zwar hatte er diese Fehlerquelle bereits selbst erkannt und durch verschiedene zum Teil recht erfindungsreiche Maßnahmen zu beseitigen versucht, doch wäre zu einer durchgreifenden Abhilfe wohl eine Abänderung des Meßprinzips nötig gewesen, etwa wie sie kürzlich von F. SIMON (Zeitschr. f. physikal. Chem. **129**, 321 1927) vorgenommen wurde, der bei Verwendung des Verdampfungskalorimeters nicht die verdampfte Substanzmenge maß, sondern die Zunahme des Dampfdruckes der Flüssigkeit. —

Man kann, wenn man will, die Tragik des an sich so glänzenden Lebenswerkes Sir JAMES DEWARS vielleicht auf folgende einfache Formel bringen: Das heutige Zeitalter der exakten Naturwissenschaften steht mehr denn je unter der Herrschaft der Zahl, der exakten Messung. Nur durch sie glauben wir zu weiteren und tieferen Erkenntnissen vorzudringen. Der inneren Natur DEWARS war diese Einstellung konträr; er war zu sehr Künstler, um sich von allzu strengen Theorien, Formeln und Zahlenreihen in Fesseln legen zu lassen. So empfinden wir zwar sein Werk als bewundernswert und zugleich als wohltuend, weil er uns selbst

von diesen oft drückenden Fesseln vorübergehend ein wenig befreit, aber es ist nicht stark genug, um die unerbittliche Entwicklung in andere Bahnen zu lenken und wird daher aller Voraussicht nach, so schmerzlich es auch sein mag, im Laufe der Zeit bis auf wenige Reste im Strome versinken. A. EUCKEN, Breslau.

Handbuch der Physik. Herausgegeben von H. GEIGER und K. SCHEEL. Band 23: Quanten. Berlin: Julius Springer 1926. X, 782 S. und 225 Abbild. Preis geh. RM 57.—, geb. RM 59.70.

Als im Jahre 1925 und 1926 die bedeutsamen Arbeiten von HEISENBERG, BORN, JORDAN, DIRAC und SCHRÖDINGER die Fundamente der Quantenmechanik schufen und so die stürmische Entwicklung dieser Disziplin einleiteten, in deren Anfängen wir uns zur Zeit befinden, da hat wohl mancher Leser des GEIGER-SCHEELschen Handbuches den mit Spannung erwarteten Quantenband mit einer leisen Enttäuschung durchblättert und das Gefühl des Bedauerns nicht unterdrücken können, daß die neuen Wege der Quantenphysik in diesem Werke noch unberücksichtigt bleiben mußten. Dennoch wird jeder, der sich die Mühe nimmt, den umfangreichen Band eingehend zu studieren, durch die Fülle des Gebotenen reichlich belohnt werden. Auch hier, wie in den anderen Bänden des großangelegten Werkes, bewährt sich das Prinzip, die Einzelgebiete nach Möglichkeit von den besten Kennern und Spezialforschern bearbeiten zu lassen, aufs schönste. Allerdings machen sich auch hier gewisse Nachteile, die notgedrungen aus der Durchführung dieses Prinzips der weitgehenden Stoffunterteilung entspringen, fühlbar. Daß z. B. die Theorie der Bandenspektra und die Theorie der spezifischen Wärmen, die ohne Zweifel zu den wichtigsten Anwendungsgebieten der Quantenlehre gehören, in dem ersten allgemeinen Kapitel — der „Quantentheorie" von W. PAULI — nicht erwähnt werden, besser gesagt: nicht erwähnt werden dürfen, eben weil sie in anderen Bänden des Handbuches bereits dargestellt sind oder bearbeitet werden sollen, empfinde ich als einen entschiedenen Mangel und eine Überspannung des Systems. Sieht man jedoch von diesen, dem persönlichen Geschmacksurteil mehr oder weniger ausgesetzten Gliederungsfragen ab, so wird man die Sammlung, Klarlegung und kritische Sichtung des ungeheuren Materials mit Freude begrüßen. Denn schon die Namen der Autoren bürgen dafür, daß hier beste fachmännische Arbeit geleistet worden ist.

Auf den Inhalt tiefer einzugehen, ist, bei der Ausdehnung des Buches, unmöglich. Es sei daher nur das Wesentliche skizziert.

Das erste und zugleich größte Kapitel ist die allgemeine Quantentheorie von W. PAULI, eingeteilt in drei Hauptabschnitte: 1. die allgemeinen Prinzipien; 2. die Theorie der Atome mit einem einzigen Elektron und 3. die Atome mit mehr als einem Elektron. Man darf wohl ohne Übertreibung sagen, daß PAULI hier ein Meisterwerk geschaffen hat, das durch die souveräne Beherrschung des Stoffes auch den genauen Kenner mit Staunen erfüllt. Zweifellos ist der Artikel nicht leicht zu lesen; doch muß man bedenken, daß ja kein Lehrbuch für Anfänger, sondern ein Handbuch vorliegt, das dem Erfahrenen und dem arbeitenden Forscher dienen soll. Wie hier jeder Satz wohlüberlegt ist, keine Schwierigkeit übersprungen oder vertuscht wird, und alles von hoher Warte aus gesehen erscheint, das ist schlechthin bewunderungswürdig! Als besonders lesenswert möchte ich erwähnen: die Ziffern 2—5 über das statistische Wärmegleichgewicht zwischen Atomen und Strahlung, Ziffer 13 (Schärfe der stationären Zustände und Linienbreite), Ziffer 15—18, in denen das Verhältnis der Undulationstheorie und der Dispersionsphänomene zur Quantentheorie klargelegt wird; ferner die weitschauenden Ziffern 26 und 43, in denen Resultate der Quantenmechanik vorausgeahnt sind, und schließlich die Ziffern 44—47, die die allgemeine Theorie der Multipletts und die STONER-PAULIschen Ergebnisse beim Aufbau des periodischen Systems schildern. Es wäre im Interesse der Einheitlichkeit sehr zu wünschen, daß PAULI auch die Darstellung der Quantenmechanik übernimmt, die ja schon an vielen Stellen des Artikels gleichsam vorbereitet ist.

Dem PAULIschen Artikel schließt sich als 2. Kapitel eine sorgfältige kritische Darstellung der verschiedenen Methoden zur Bestimmung der PLANCKschen Konstanten h an, die von R. LADENBURG stammt. Als Ergebnis der mannigfachen Präzisionsmessungen darf man nach LADENBURG, als zur Zeit sichersten Wert: $h = (6{,}55 \pm 0{,}01) \cdot 10^{-27}$ [erg · sec] ansehen.

Die folgenden beiden Kapitel sind den Röntgenstrahlen gewidmet. Und zwar behandelt im 3. Kapitel W. BOTHE die Absorption und Zerstreuung der Röntgenstrahlen, im 4. Kapitel H. KÜHLENKAMPFF das kontinuierliche Röntgenspektrum. Beide Artikel zeichnen sich durch Gründlichkeit und Sachkenntnis aus. Besonders gelungen scheint mir der Abschnitt III des BOTHEschen Artikels, der die Zerstreuung der Röntgenstrahlen und den Comptoneffekt zur ausführlichen Darstellung bringt.

Es folgt Kapitel 5: Anregung von Emission durch Einstrahlung, verfaßt von P. PRINGSHEIM, der als bewährter Forscher auf dem Gebiete der Resonanzstrahlung, der Fluorescenz und Phosphorescenz, hier ganz in seinem eigensten Element ist.

Nach einem kurzen, von W. NODDACK herrührenden Abschnitt über Photochemie (Kapitel 6), der dem Leser einen fast beängstigenden Eindruck von der Komplikation und Mannigfaltigkeit der hier möglichen Prozesse hinterläßt, schließt das Buch mit einem Beitrag von J. FRANCK und P. JORDAN über die Anregung von Quantensprüngen durch Stöße. Das umfangreiche Kapitel gliedert sich in 6 Abschnitte: I. Kinetik sehr langsamer Elektronen in Gasen und Dämpfen; II. Bestimmung der kritischen Potentiale durch Elektronenstoßmethoden; III. Kritische Potentiale und Spektralterme von Atomen; IV. Ausbeute an Quantensprüngen bei Elektronenstößen; V. Umsatz von kinetischer Energie und Wärmeenergie atomarer Gebilde in Anregungsenergie; VI. Stöße und Quantensprünge bei Molekülen. Dieser schöne Artikel ist für alle, die auf dem Gebiete des Elektronenstoßes arbeiten, eine wahre Fundgrube. Denn FRANCK hat überall die Ergebnisse seiner langjährigen Erfahrungen — auch durch kleine praktische Winke — in den Stoff hineingearbeitet und, mit dem Verantwortungsgefühl des echten Forschers, die experimentellen Beobachtungen mit Vorsicht und scharfer Kritik gedeutet. Die theoretischen Ergänzungen, soweit sie sich auf Grund der „klassischen" Quantentheorie mit ihrer unscharfen Fassung des Korrespondenzprinzipes geben lassen, sind von JORDAN mit Geschick und Sparsamkeit eingeflochten.

So klingt das inhaltreiche Werk in eine eindrucksvolle Darstellung derjenigen Probleme und Ergebnisse aus, die auf dem Entwicklungswege der Quanten- und Atomphysik zu den bedeutsamsten Marksteinen zählen.

F. REICHE, Breslau.

Herausgeber und verantwortlicher Schriftleiter: Dr.-Ing. e. h. DR. ARNOLD BERLINER, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamerschen Buchdruckerei in Leipzig.